ACADÉMIE DES SCIENCES.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1951.

PRÉSIDENCE DE M. ALBERT CAQUOT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

IMMUNOLOGIE. — *Le développement de l'antitoxine staphylococcique chez les Bovidés soumis aux injections d'anatoxine spécifique.* Note de MM. **Gaston Ramon, Rémy Richou, Pierre Julienne, Jean Jacquet** et **Claude Gerbeaux.**

En présence de l'échec partiel de l'antibiothérapie dans le traitement des mammites staphylococciques des Bovidés, il nous a semblé intéressant, à plus d'un point de vue, de compléter par de nouvelles recherches celles que nous avions entreprises dès 1941, avec G. Holstein (1) et qui avaient montré que l'anatoxine staphylococcique, aux doses que nous avions fixées, constituait une méthode satisfaisante de lutte contre ces mammites et apparaissait capable de rendre, au point de vue économique, d'importants services. Les recherches immunologiques auxquelles nous nous étions livrés à l'époque et qui mettaient en évidence la faculté que possèdent les Bovidés d'acquérir rapidement une immunité de haute valeur, à la suite des injections d'anatoxine staphylococcique, faisaient également entrevoir la possibilité de réaliser une vaccination préventive contre le staphylocoque.

Au cours de nouvelles recherches, nous nous sommes donc proposé d'étudier, sur une grande échelle, la valeur thérapeutique et préventive de l'anatoxine staphylococcique dans les mammites de la Vache dues au staphylocoque et de suivre, chez tous les animaux immunisés, le développement et l'évolution de l'immunité spécifique engendrée par les injections d'anatoxine.

Nous ne relaterons ici que les résultats immunologiques obtenus et qui nous ont permis d'apporter d'utiles précisions : 1° sur le développement de l'immunité spécifique chez des génisses ou chez des femelles adultes

---

(1) *Cf.* par exemple : G. Ramon, R. Richou et G. Holstein, *Bull. Acad. Vétér.*, 15, 1942, p. 55.

immunisées au moyen de quatre injections (10, 15, 20 et 20 cm^3) d'anatoxine, à cinq jours d'intervalle, suivies ou non d'une injection de rappel de 20 cm^3, pratiquée quelques mois plus tard; 2° sur le taux antitoxique enregistré chez des femelles (précédemment vaccinées) au moment de la parturition, chez leurs veaux à la naissance, chez les mêmes veaux, après vaccination dès les premiers jours de leur existence.

Nos recherches ont confirmé, chez presque tous les animaux, et à un degré variable, suivant leur âge et leurs conditions de vie, la présence de l'immunité antistaphylococcique naturellement acquise à la suite d'infections staphylococciques apparentes ou inapparentes [2].

Elles montrent que les injections répétées d'anatoxine staphylococcique, aux doses indiquées, engendrent, chez tous les animaux, *le développement de l'antitoxine spécifique* à des taux en rapport avec leur âge (en moyenne 5 unités chez les animaux de 5 à 8 mois, 11 unités chez ceux de 1 an à 20 mois, 14 unités chez ceux de 2 ans et plus), mais qui peuvent varier avec le milieu dans lequel ils sont placés. Toutefois, l'immunité obtenue est nettement plus faible que celle que nous avions enregistrée (en moyenne 33 unités) avec G. Holstein [3] chez des animaux immunisés, dans les mêmes conditions, avec une anatoxine staphylococcique de même valeur antigène, additionnée de 2 % d'alun de potassium, ce qui illustre une fois de plus l'*importance des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité* mises en évidence par l'un de nous.

Le taux de l'antitoxine, obtenu après les injections d'anatoxine, baisse assez rapidement, tout en restant supérieur à celui enregistré lors de la recherche de l'immunité naturelle, mais une injection de rappel, pratiquée 7-8 mois après la vaccination, fait nettement remonter le titre antitoxique des sérums.

Chez les femelles, immunisées avant la mise-bas, l'antitoxine est transmise de la mère au fœtus à travers le placenta et les veaux possèdent, à leur naissance, une certaine immunité passive. Ces veaux, vaccinés dès les premiers jours de leur existence, n'acquièrent qu'une faible immunité active comme si leur organisme n'était pas encore apte à produire des antitoxines. En effet, immunisés de nouveau, quelques mois plus tard, ils répondent aux injections d'anatoxine par une production d'antitoxine nettement plus importante.

Un certain nombre de conséquences pratiques se dégagent de ces constatations d'ordre immunologique.

Le fait que tous les animaux, vaccinés à partir du cinquième mois,

---

(2) *Voir* à ce propos : G. Ramon, Richou et J. Descazeaux, *Revue d'Immunologie*, **1**, 1935, p. 401.

(3) R. Richou et G. Holstein, *Revue Méd. Vét.*, **117**, 1941, n° **11**.

développent rapidement dans leur organisme l'antitoxine spécifique, à un taux plus ou moins élevé, indique que l'anatoxine staphylococcique peut être utilisée avec des chances de succès dans la lutte contre les mammites staphylococciques. En effet, l'antitoxine, dont une certaine quantité passe dans le lait, en neutralisant l'action agressive de la toxine, permet à la défense cellulaire, à la phagocytose, jusque-là paralysée par les produits toxiques du staphylocoque, de s'exercer à nouveau sans entraves et de remplir ses fonctions habituelles : atteindre les germes dans leur vitalité, les faire disparaître, assurer la résorption des débris cellulaires et la réparation des tissus. L'action thérapeutique de l'anatoxine étant fonction du taux de l'antitoxine spécifique développée dans l'organisme des animaux immunisés, apparaît, une fois de plus, la nécessité d'utiliser une anatoxine additionnée d'une substance adjuvante de l'immunité qui, grâce à la légère réaction inflammatoire qu'elle provoque, entraîne la production d'une quantité accrue d'antitoxine. Cette substance adjuvante et stimulante de l'immunité pourrait être l'alun de potassium qui nous a donné antérieurement d'excellents résultats, l'hydroxyde d'aluminium dont les propriétés stimulantes de l'immunité sont bien connues et qui possède sur l'alun de potassium l'avantage d'entraîner des réactions plus faibles, ou encore un mélange de germes microbiens, par exemple de staphylocoques, streptocoques, colibacilles, etc., en provenance d'une infection mammaire, tués par le formol et la chaleur ménagée et transformés ainsi en anavaccin. Cette dernière formule aurait l'avantage, non seulement de renforcer l'action de l'anatoxine spécifique, mais encore, à condition d'utiliser une souche de germes aussi virulente que possible, dont la plus grande partie de la valeur antigène aurait été préservée au cours de la transformation en anavaccin, d'apporter peut-être une utile contribution à la lutte contre les mammites mixtes, dans lesquelles sont en jeu à la fois le streptocoque, le staphylocoque ou d'autres germes encore. Des recherches que nous poursuivons depuis un certain temps déjà sont orientées dans cette voie.

Il semble donc que l'on doive associer à la thérapeutique par les antibiotiques, qui, seule, n'a pas toujours donné les résultats attendus et qui, en outre, présente des inconvénients sérieux pour l'industrie fromagère, l'anatoxithérapie spécifique capable non seulement d'apporter une utile contribution à l'œuvre de guérison, mais encore de s'opposer dans une certaine mesure aux récidives et aux réinfections, rôle que ne peuvent jouer les antibiotiques dont l'action n'est que transitoire.

Quant à la prévention des mammites staphylococciques, elle apparaît réalisable avec l'anatoxine staphylococcique justement à cause de la persistance de l'immunité dont elle entraîne le développement dans l'organisme. Cependant, la très faible immunité, constatée chez les veaux vaccinés à la naissance, semble indiquer qu'il n'y a pas intérêt à commencer

l'immunisation avant l'âge de 5 à 6 mois. Toutefois, l'addition à l'anatoxine du mélange de germes microbiens que nous avons préconisée pourrait permettre, chez ces tout jeunes animaux, l'obtention d'une immunité supérieure à celle que nous avons enregistrée avec l'anatoxine seule.

M. **Roger Heim** fait hommage à l'Académie de l'Ouvrage suivant : Muséum national d'histoire naturelle. Laboratoire de cryptogamie. *Catalogues des collections vivantes, herbiers et documents*. III. *La Mycothèque. Premier supplément : Micromycètes*, dont il a écrit l'*Avant-propos*.

M. **Albert Portevin** dépose sur le Bureau de l'Académie une *Notice* sur la vie et les travaux de son prédécesseur, Maxime Laubeuf, qui sera imprimée dans le Recueil des *Notices et discours*.

DÉSIGNATIONS.

M. **Louis Blaringhem** est désigné pour représenter l'Académie aux cérémonies organisées par l'**Académie des Sciences de Göttingen**, le 10 novembre 1951, pour commémorer le deux-centième anniversaire de sa fondation.

MM. **Maurice de Broglie**, **Armand de Gramont**. **Louis de Broglie**, **Albert Caquot**, **Léon Binet**, **Pierre Chevenard**, **Georges Darrieus**, **Hippolyte Parodi**, **André Mayer** sont désignés pour représenter l'Académie à la Cérémonie qui aura lieu le 23 octobre 1951, à la Sorbonne, à l'occasion du centième anniversaire de la naissance d'**Arsène d'Arsonval**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Commission du Châtaignier. *Bulletin technique châtaignier* n° 3. *Semaine internationale du Châtaignier, septembre* 1950.

2° *Index to the Proceedings, Philosophical Transactions and Obituary Notices of the Royal Society of London*, 1941-1950.

3° Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique. XXVI. *Mécanisme de la Narcose. Paris,* 19-26 *avril* 1950.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Algèbres quasi unitaires.*
Note de M. **Jacques Dixmier**, présentée par M. Gaston Julia.

La notion d'algèbre unitaire, due à W. Ambrose ([1]), simplifiée par R. Godement ([2]), permet d'étudier par exemple l'algèbre des fonctions continues numériques à support compact sur un groupe localement compact unimodulaire et les premiers exemples de facteurs donnés par F. J. Murray et J. von Neumann ([3]), mais laisse échapper le cas des groupes non unimodulaires et les exemples de facteurs (notamment de facteurs purement infinis) donnés par J. von Neumann ([4]). La notion d'algèbre quasiunitaire couvre ces cas.

1. Soit A une *-algèbre sur le corps complexe, munie d'un produit scalaire qui en fait un espace préhilbertien. Soit H l'espace hilbertien complété de A. Soit J un opérateur auto-adjoint ≥ 0 inversible dans H (non nécessairement borné), appliquant biunivoquement A sur A, et tel que, pour $x \in A$, $y \in A$, on ait $J(xy) = (Jx)(Jy)$, $(Jx)^\star = J^{-1}x^\star$. On dira que A est une algèbre quasiunitaire si les axiomes suivants sont vérifiés :

A.1. $\langle x, y \rangle = \langle y^\star, x^\star \rangle$ pour $x \in A$, $y \in A$.

A.2. $\langle xy, z \rangle = \langle y, Jx^\star . z \rangle$ pour $x \in A$, $y \in A$, $z \in A$.

A.3. Pour tout $x \in A$, l'application $y \to xy$ est continue.

A.4. A^2 est partout dense dans A.

A.5. J et J^2 sont les plus petits prolongements fermés de leurs restrictions à A^2.

Lorsque $J = 1$, les axiomes A 1 — A 4 sont les axiomes de R. Godement pour les algèbres unitaires, et l'axiome A 5 est évidemment vérifié.

2. Les applications $y \to xy$, $y \to yx$ de A dans A se prolongent en des opérateurs continus U_x, V_x de H. L'application $x \to x^\star$ se prolonge en une involution S de H. Soient R^g et R^d les anneaux d'opérateurs engendrés par les U_x et les V_x. On a $R^g = S(R^d)$. Alors, généralisant le théorème 1 de [G 1], on a le

Théorème 1. — R^g *est le commutant de* R^d.

Théorème 2. — J *appartient (au sens large) à l'anneau engendré par* R^g *et* R^d.

Suivant R. Godement, on dit qu'un $a \in H$ est borné à gauche s'il existe un opérateur continu V_a de H tel que $U_a x = V_x a$ pour $x \in A$.

Théorème 3. — *S'il existe des opérateurs auto-adjoints* ≥ 0 *inversibles* M *et* M′, *appartenant au sens large à* R^d *et* R^g, *et tels que* $M' = SMS$, $J = M'M^{-1}$, R^d *et*

([1]) *Trans. Amer. Math. Soc.*, 65, 1949, p. 26.

([2]) *Cf.* le chapitre I d'un Mémoire à paraître sur les caractères des groupes localement compacts; l'essentiel se trouve déjà dans R. Godement, *Journ. de Math.*, 30, 1951, p. 1. Ces mémoires sont notés respectivement [G 1] et [G 2] dans la suite.

([3]) *Ann. of Math.*, 37, 1936, p. 116.

([4]) *Ann. of Math.*, 41, 1940, p. 94. Cité [N] dans la suite.

R^g *sont sans composante purement infinie* ([5]). *Soit* $\mathfrak{m}$ *l'ensemble des opérateurs de la forme* $\sum_{i=1}^{n} U_{a_i} U^*_{b_i}$ *où les* a_i, b_i *sont des éléments bornés à gauche tels que* Ma_i, Mb_i *existent. Alors,* $\mathfrak{m}$ *est un idéal bilatère de* R^g *qui engendre* R^g, *et la formule* $\varphi(\Sigma U_{a_i} U^*_{b_i}) = \Sigma < Ma_i, Mb_i >$ *définit sur* $\mathfrak{m}$ *une trace continue fidèle* ([6]).

Si $J = 1$, on retrouve le théorème 2 de [G 1].

Théorème 4. — *Si* R^g *et* R^d *sont sans composante purement infinie, et si la condition suivante est vérifiée*

(C) *Il existe dans* R^d *et* R^g *des sous-*-algèbres abéliennes maximales* R^d_1 *et* R^g_1, *permutables à* J, *telles que* $R^d_1 = S(R^g_1)$

alors, il existe des opérateurs auto-adjoints ≥ 0 *inversibles* M *et* M′, *appartenant au sens large à* R^d *et* R^g, *tels que* $M' = SMS$, $J = M'M^{-1}$.

La condition (C) est superflue lorsque A est de dimension finie et probablement dans le cas général.

3. Soient E un espace localement compact, G un groupe localement compact. Soient $d\alpha$ la mesure de Haar de G, Δ son module. Supposons que G opère à droite dans E comme groupe d'homéomorphismes, l'application $(x, \alpha) \to x\alpha$ de $E \times G$ dans E étant continue. Appelons multiplicateur une fonction $\sigma(x, \alpha)$ continue > 0 sur $E \times G$ telle que $\sigma(x, \beta\alpha) = \sigma(x\beta, \alpha)\sigma(x, \beta)$. Soient L l'ensemble des fonctions continues complexes à support compact sur $E \times G$, μ une mesure positive sur E de support E telle que $d\mu(x\alpha) = \rho(x, \alpha)\, d\mu(x)$, $\chi_1(x, \alpha)$ et $\chi_2(x, \alpha)$ deux multiplicateurs. Posons ([7])

$$f \star g(x, \alpha) = \int f(x\beta, \alpha\beta) g(x, \beta^{-1})\, d\beta, \qquad < f, g > = \iint f(x, \alpha) \bar{g}(x, \alpha)\, d\mu(x)\, d\alpha;$$

$$f^*(x, \alpha) = \chi_1(x, \alpha^{-1}) \bar{f}(x\alpha^{-1}, \alpha^{-1}), \qquad Jf(x, \alpha) = \chi_2(x, \alpha^{-1}) f(x, \alpha).$$

Alors, si $\chi_1^2 = \Delta\rho$, $\chi_2^2 = \Delta\rho^{-1}$, L est une algèbre quasi unitaire. Le théorème 1 fournit donc, lorsque E se réduit à un point, une généralisation aux groupes non unimodulaires du théorème de commutation de R. Godement et I. E. Segal ([8]).

Si $\varphi(x)$ est une fonction mesurable essentiellement bornée sur E, posons, pour $f \in H$, $L_\varphi f(x, \alpha) = \varphi(x) f(x, \alpha)$, $L'_\varphi f(x, \alpha) = \bar{\varphi}(x\alpha^{-1}) f(x, \alpha)$. Soient R^d_1 et R^g_1 les anneaux engendrés par les L_φ et les L'_φ. Disons que G est libre si, pour $x \in E$ en dehors d'un ensemble localement négligeable de E, l'application $\alpha \to x\alpha$ de G dans E est biunivoque. Alors, si G est libre, R^d_1 (resp. R^g_1) est

---

([5]) C'est-à-dire $H^{pi} = 0$ au sens de mon article : *Ann. Éc. Norm. sup.*, 68, 1951, p. 185.

([6]) Au sens de ma Note, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 607.

([7]) Le produit $f \star g$ et l'involution f^* ont été utilisés, indépendamment, par R. Godement, lorsque $\rho = \chi_1 = \chi_2 = \Delta = 1$. De même pour la notion de groupe libre donnée plus bas.

([8]) *Cf.* [G 2] et I. E. Segal, *Ann. of Math.*, 51, 1950, p. 293.

une sous-*-algèbre abélienne maximale de R^d (resp. R^g). Les théorèmes 3 et 4 sont applicables et redonnent facilement, comme cas particuliers, la discussion de [N].

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques résultats sur les espaces vectoriels topologiques.* Note de M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Énumération de divers résultats relatifs à la structure des sous-espaces ou espaces quotients de certains espaces vectoriels topologiques, aux applications linéaires d'espaces du type C(K) ou du type L^1, et enfin aux fonctions faiblement mesurables.

1. Quelques résultats négatifs. — *a*. Il existe un espace E du type $(\mathcal{M})$ [*voir* (1)] et un sous-espace vectoriel fermé F tels que le quotient E/F soit isomorphe à l^1. Cela résout par la négative la question 4 de la fin de l'article (1). De même les questions 5, 6, 8 ont une réponse négative (la dernière question a été résolue en collaboration avec M. G. Köthe). Si l'on tient compte des résultats annoncés dans deux Notes antérieures, toutes les questions de (1) sont maintenant résolues.

b. *Problèmes de Banach* [*voir* (2), p. 244-245]. — Un espace L^1 de dimension infinie ne peut être isomorphe à un quotient d'un espace C(K) (espace des fonctions continues sur un compact K), on en conclut que les propriétés 8 et 9 de Banach sont fausses pour les espaces (M), (m), (C) et (C^p). Il existe un sous-espace F de c_0 dont le bidual n'est pas isomorphe à (m) (espace des suites bornées), *a fortiori* F n'est pas isomorphe à c_0, donc la propriété 15 de Banach est fausse pour c_0. D'ailleurs, ni F ni son orthogonal dans l^1 n'ont de supplémentaire.

2. Applications faiblement compactes d'espaces C(K). — K est un compact, C(K) l'espace des fonctions continues sur K, E un espace localement convexe complet.

Théorème 1. — *Si u est une application linéaire continue de* C(K) *dans* E, *les conditions suivantes sont équivalentes :*

a. u est faiblement compacte; b. u transforme les suites faiblement convergentes en suites fortement convergentes; c. u transforme les suites de Cauchy faibles en suites faiblement convergentes.

Alors u transforme les parties faiblement compactes en parties compactes, les suites de Cauchy faibles en suites fortement convergentes.

Cet énoncé s'étend immédiatement à d'autres espaces importants, tels les facteurs directs d'espaces C(K) (par exemple les espaces $\mathcal{E}^{(m)}$ de L. Schwartz,

(1) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1, 1949, p. 61-101.

(2) Banach, *Théorie des opérations linéaires*, Warsaw, 1932.

construits sur des pavés compacts de R^n), et en partie aux quotients d'espaces $C(K)$. Un énoncé plus fort encore est vrai pour les sous-espaces et espaces quotients de c_0.

Corollaire. — *Une application linéaire continue de* $C(K)$ *dans un espace* L^1 *est faiblement compacte.*

En notant que le dual d'un espace $C(K)$ est un espace L^1, on en déduit aussitôt des indications très spéciales sur les formes bilinéaires continues sur des produits d'espaces du type $C(K)$. Voici une application importante : si E et F sont des espaces de Banach (par exemple), une forme bilinéaire u sur $E \times F$ est dite « intégrale » s'il existe une mesure μ sur le produit $A' \times B'$ des boules faibles de E' et F', telle que, si $x \in E$, $y \in F$, on ait

$$u(x, y) = \int \langle x, x' \rangle \langle y, y' \rangle \, d\mu(x', y')$$

(ces formes bilinéaires ont, en fait, une signification fonctionnelle très simple); une application linéaire u de E dans l'espace de Banach G est dite intégrale, si la forme bilinéaire $\langle u(x), y' \rangle$ sur $E \times G'$ est intégrale. Cela étant :

Théorème 2. — *Une application intégrale est faiblement compacte, et transforme faiblement compacts en compacts. Donc une application composée de deux applications intégrales est compacte.*

3. Théorie de l'intégration. — K désigne un espace localement compact muni d'une mesure μ, E un espace de Banach, $f(t)$ une application faiblement mesurable de K dans E.

Théorème 3. — *Si* f *a localement une image relativement faiblement compacte, plus généralement, si pour tout compact* $K_0 \subset K$ *et tout* $\varepsilon > 0$, *il existe un compact* $K_1 \subset K_0$ *tel que* $\mu\left(K_0 \cap \complement K_1\right) < \varepsilon$, *et que* $f(K_1)$ *soit relativement faiblement compact, alors* f *est faiblement localement presque partout égale à une fonction fortement mesurable. Même conclusion si* E *est réflexif.*

Corollaire. — *Si* K *est une partie faiblement compacte du Banach* E, *et* μ *une mesure sur* K, *alors le support de* μ *est séparable.*

Par ailleurs, je construis une application faiblement sommable du segment $(0,1)$ dans l'espace (m) des suites bornées, qui n'est pas faiblement presque partout égale à une application fortement mesurable, et telle que pour tout $h \in L^\infty$, l'intégrale faible $\int_0^1 f(t)h(t)\,dt$ soit élément de c_0.

Théorème 4. — *Si* E *est un espace* L^1, *et si* $f(t)h(t)$ *est faiblement sommable dans* L^1 *pour toute fonction* h *continue et à support compact, alors* $f(t)$ *est faiblement localement presque partout égale à une fonction fortement mesurable. De plus, si la puissance de* K *ou de* L^1 *est strictement inférieure au plus petit aleph inaccessible, il suffit que* $f(t)$ *soit faiblement sommable, pour être faiblement sommable dans* L^1.

4. UNE THÉORIE DUALE DE LA THÉORIE DE NACHBIN ([3]). — THÉORÈME 5. — *Pour que l'espace de Banach* λ *soit tel que pour toute application linéaire continue* u *de* λ *dans un quotient* E/F *d'un espace de Banach* E *par un sous-espace réflexif* F, *existe une application linéaire* v *de* λ *dans* E *de norme au plus égale à* u *et telle que* $ux = vx \bmod. F$ *pour tout* $x \in \lambda$, *il faut et il suffit que* λ *soit isomorphe avec sa norme à un espace* L^1. *Si l'on n'astreint pas* F *à être réflexif, cette condition devient :* λ *est isomorphe avec sa norme à un espace* l^1 (I) *des familles sommables de nombres sur un ensemble d'indices* I (*dénombrable ou non*).

La démonstration s'appuie sur les résultats de ([3]), que je complète en retour, en montrant que dans le théorème fondamental 4, l'hypothèse de l'existence d'un point extrémal est superflue.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les valeurs exceptionnelles de Julia et un problème qu'elles soulèvent.* Note de M. **DANIEL DUGUÉ**, présentée par M. Gaston Julia.

I. Tout d'abord je désire apporter certains compléments au théorème donné dans ma Note du 29 janvier 1951 (*Sur les valeurs exceptionnelles de fonctions ayant plusieurs singularités essentielles*). Les mêmes méthodes que celles auxquelles je faisais allusion permettent de démontrer :

THÉORÈME I.1. — *Si une fonction est méromorphe à l'intérieur d'un cercle* $|Z| < R$ *qu'elle admet comme coupure avec un ensemble exceptionnel* E *de plus d'une valeur, sauf à l'origine singularité essentielle au voisinage de laquelle deux valeurs sont exceptionnelles, l'une de ces deux valeurs au moins appartient à* E et

THÉORÈME I.2. — *Si une fonction méromorphe, sauf en une ligne singulière* (*éventuellement fermée*) L *qui peut être décomposée en deux parties* L_1 *et* L_2 ($L_1 + L_2 = L$) *a un ensemble exceptionnel* E_1 *au voisinage de* L_1 *et* E_2 *au voisinage de* L_2, E_1 *et* E_2 *comprenant chacun plus d'un point,* E_1 *et* E_2 *ont au moins un point commun.*

Ces deux résultats tiennent au fait que l'on peut séparer les singularités : c'est-à-dire que $f(z)$ ayant un ensemble S de singularités peut être décomposé en un produit de deux fonctions $f_1(z)$ et $f_2(z)$ ayant respectivement S_1 et S_2 pour ensemble de singularités et étant régulières partout ailleurs avec $S_1 + S_2 = S$. Dans le cas du théorème I.1 ce fait est une conséquence immédiate des résultats classiques de Mittag Leffler et de Weierstrass; dans le cas du théorème I.2 la démonstration a été donnée par H. Poincaré dans son mémoire *Sur les fonctions à espace lacunaire* (*American Journal of Mathematics*, t. XIV) utilisé par M. Borel dans sa thèse.

II. Une fonction sans valeurs exceptionnelles de Picard peut parfaitement admettre des valeurs exceptionnelles de Julia, c'est-à-dire des valeurs prises

---

([3]) L. NACHBIN, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 68, 1950, p. 28-46.

dans le reste du plan mais non prises au voisinage d'une certaine droite de Julia (ou droite de Picard au sens donné à ce terme par M. Valiron ; dans ce cas on peut parler de valeurs localement exceptionnelles de Picard). Par exemple la fonction $(e^{e^z}-1)/(e^{e^{-z}}-1)$ n'a aucune valeur exceptionnelle de Picard et toutes les demi-droites sont demi-droites J. Les demi-droites du demi-plan positif ont l'infini comme valeurs exceptionnelles J, celles du demi-plan négatif ont zéro. Il est très facile en utilisant les méthodes de M. Valiron de démontrer :

THÉORÈME II.1. — *Toute valeur exceptionnelle* J *est une valeur asymptotique.*

Je voudrais signaler à ce sujet un problème qui ne semble pas résolu : *f étant méromorphe dans tout le plan et ayant deux droites* J *isolées* D_1 *et* D_2 *peut-on décomposer f en un produit $f_1 f_2$, f_1 ayant* D_1 *pour droite* J *et non* D_2, *f_2 ayant* D_2 *pour droite* J *et non* D_1?

Si la réponse est affirmative et il semble très vraisemblable qu'il en soit ainsi à cause du résultat de H. Poincaré cité ci-dessus et de l'analogie qui existe entre l'ensemble des droites J et des lignes singulières, on en déduit comme pour les théorèmes I.1 et I.2.

THÉORÈME II.2. — *Si f a deux droites* J *isolées* D_1 *et* D_2 *avec a et b exceptionnels* J *autour de* D_1 *et c et d exceptionnnels* J *autour de* D_2, *les ensembles (a, b) et (c, d) ont au moins une valeur commune.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces engendrées par les cercles d'une congruence paratactique.* (II). Note de MM. **Alexandre Thybaut** et **Paul Robert**, présentée par M. Jacques Hadamard.

Les dénominations et notations dont il va être fait usage ont été déjà définies dans une précédente Communication ([1]).

1. Une surface Σ est déterminée si on l'assujettit à passer par un cercle Γ_0, autre qu'un cercle (C). En écartant deux sortes de positions particulières de Γ_0 conduisant à des cyclides, le cercle Γ_0 détermine une surface Σ, unicursale, qui est, en général du 8ᵉ degré. Parmi ses cercles (C) se trouve un cercle double réel (C_0). Σ contient une famille de cercles Γ, contenant Γ_0. Nous dirons qu'une telle surface Σ est *bicerclée* et nous la représenterons par Σ_B.

Sur une surface Σ_B, tous les cercles Γ coupent, sous un même angle, un cercle (C) fixé, en particulier le cercle double (C_0). Nous désignerons par Σ_B^1 les surfaces Σ_B dont les cercles Γ sont tangents à (C_0), par Σ_B^2 toutes les autres surfaces Σ_B.

Les surfaces Σ_B^2 ont deux cercles focaux réels et deux imaginaires conjugués ; les surfaces Σ_B^1 ont un seul cercle focal qui est réel.

([1]) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 775.

Sur toute surface Σ_B, les cercles Γ sont paratactiques à deux cercles fixes de la congruence K ; ce sont, pour les Σ_B^2, les cercles focaux réels (F), (F′), et pour les Σ_B^1, le cercle focal unique (F) et le cercle double (C_0).

Tous les cercles Γ ont le même angle de parataxie ϖ avec (F), ϖ' avec (F′) [ou avec (C_0) dans le cas d'une Σ_B^1 ; mais alors ϖ' est nul].

Remarquons que les cycles de (F) et de (F′) qui apparaissent sur ces cercles quand on oriente K selon une congruence paratactique de cycles, sont, l'un paratactique, l'autre antitactique à un cycle, choisi quelconque, sur Γ.

2. L'inverse d'une surface Σ_B par rapport à un point de (C_0) est une surface bicerclée du 6ᵉ degré facile à étudier; on peut, par inversion, en déduire toutes les autres.

Ces surfaces Σ_B ont Oz comme cercle double; les plans des cercles Γ passent par Oz et les centres de ces cercles sont situés sur une conique. *La ligne des centres* L *est une conique* (de même genre que la précédente), *assujettie seulement à être bitangente au cercle principal* (²) en deux points à distance finie. Une autre propriété caractéristique de ce cas est que les plans des cercles (C) de la surface enveloppent un cône de révolution dont l'axe est distinct de Oz.

3. Les cercles (C) d'une surface Σ forment une famille isotherme.

A toute surface Σ_0, on peut associer une infinité d'autres surfaces Σ, dépendant d'une constante arbitraire, et qui correspondent à Σ_0 avec similitude des éléments infiniment petits.

4. *Les lignes de courbure d'une surface Σ se déterminent par quadratures.* Chaque cercle (C) de la surface coupe, sous le même angle, toutes les lignes de courbure d'un système.

5. Les surfaces Σ à lignes de courbure planes dans un système (première courbure) peuvent être entièrement déterminées. Les plans des lignes de première courbure passent par Oz et coupent la surface sous le même angle constant a, seul paramètre dont dépende la forme des surfaces.

La ligne des centres L est une courbe homothétique, par rapport à O, de la développée de sa développée.

Les lignes de seconde courbure sont les courbes de contact des cônes circonscrits à Σ et dont le sommet est un point de Oz. Chacune est située sur une sphère S, dont le centre est sur Oz et qui coupe orthogonalement Σ le long de la ligne de courbure.

Pour chaque sphère S, le diamètre situé sur Oz est vu, sous l'angle constant a, d'un point quelconque du cercle central de K. Les sphères S enveloppent un tore de la congruence K et a est l'angle de parataxie des cercles (C) du tore et de son cercle axial, le cercle central.

6. Si une ligne de courbure d'une surface Σ est sphérique, toutes les lignes de courbure du même système (première courbure) sont sphériques et les

(²) Cercle imaginaire $z=0$, $x^2+y^2=-1$, situé sur la sphère imaginaire principale.

sphères S qui les contiennent sont orthogonales à un cercle fixe (C_0) de la congruence K. *La détermination de ces surfaces dépend de deux quadratures.* Chacune est coupée sous un angle constant α par les sphères S correspondantes.

Les propriétés suivantes peuvent être établies géométriquement.

Les lignes de seconde courbure sont situées sur des sphères S' *orthogonales au cercle* (C'_0), *conjugué de* (C_0) *dans* K ; elles coupent Σ sous un angle constant α'.

Inversement, donnons à α, α' des valeurs quelconques comprises entre o et $\pi/2$; il leur correspond deux familles de sphères S, S' qui contiennent toutes les lignes de courbure de l'une des surfaces cherchées.

Ces sphères S (ou S') enveloppent une cyclide Q (ou Q') de la congruence K. Soit a (ou a') l'angle de parataxie des cercles (C) de Q (ou Q') avec (C_0) [ou (C'_0)]. Les angles a, a' satisfont aux conditions :

$$\cos\alpha = \frac{\cos a'}{\sin a}, \qquad \cos\alpha' = \frac{\cos a}{\sin a'}.$$

Si a et a' sont complémentaires, α et α' sont nuls, Q et Q' sont confondues.

Si l'angle a est droit, Q se réduit au cercle (C'_0) les sphères S, inscrites dans Q, passent par (C'_0) et Σ est inverse de l'une des surfaces étudiées au n° 5.

7. Lorsqu'une surface Σ est isothermique, sa courbe focale G satisfait aux deux conditions suivantes, qui sont équivalentes :

$$\mathcal{R} = \sin m(s - s_0), \qquad \tau = \frac{1}{m}$$

(s arc de G ; $\mathcal{R}$ et τ rayons de courbure et de torsion ; m et s_0 constantes).

Lorsqu'on connaît G, on peut en déduire Σ ; il en résulte *que la recherche des surfaces* Σ *isothermiques est un problème équivalent à la détermination des courbes sphériques à torsion constante.*

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Ondes liquides de gravité en profondeur variable.* Note (*) de M. **Maurice Roseau**, présentée par M. Joseph Pérès.

Détermination des potentiels qui représentent les petits mouvements harmoniques bidimensionnels d'un liquide dans un canal dont les profondeurs en amont et en aval sont constantes et différentes. Cas d'une plage inclinée ayant au large une profondeur constante.

Par la transformation $z = (1/k)[b\zeta + (a-b)\,\mathrm{L}(e^{\zeta}+1)]$, $(z = x+iy$, $\zeta = \xi + i\eta$, a, b, k constantes positives), toute fonction $\chi(\xi, \eta)$, solution des équations :

(1) $$\frac{\partial^2\chi}{\partial\xi^2} + \frac{\partial^2\chi}{\partial\eta^2} = 0 \quad \text{dans la bande } \alpha \leq \eta \leq 0,$$

(2) $$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = \frac{ae^{\xi}+b}{e^{\xi}+1}\chi \quad \text{sur } \eta = 0,$$

(3) $$\frac{\partial\chi}{\partial\eta} = 0 \quad \text{sur } \eta = -\alpha \qquad \left(0 < \alpha < \frac{\pi}{2}\right),$$

(*) Séance du 8 octobre 1951.

devient une fonction $\varphi(x, y)$ qui vérifie

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \tag{4}$$

entre $y = 0$ et la courbe $\mathcal{L}$ définie plus bas

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = k\varphi \quad \text{sur } y = 0 \tag{5}$$

$$\frac{\partial \varphi}{\partial n} = 0, \tag{6}$$

dérivée normale prise en tout point de la courbe $\mathcal{L}$ d'équation

$$x + iy = \frac{1}{k}[b(\xi - i\alpha) + (a - b)\mathrm{L}(e^{\xi - i\alpha} + 1)],$$

où ξ varie de $-\infty$ à $+\infty$.

Le système (4), (5), (6) correspond à l'étude des petits mouvements irrotationnels harmoniques bidimensionnels d'un liquide dont le fond est représenté par la courbe $\mathcal{L}$ et la surface libre par l'axe des x, le potentiel de l'écoulement étant

$$\Phi = e^{i\sigma t}\varphi(x, y) \qquad \text{avec} \quad \sigma^2 = gk,$$

g accélération de la pesanteur.

Dans le cas $ab \neq 0$ la profondeur h varie toujours dans le même sens de $h_1 = (b/k)\alpha$ à $h_2 = (a/k)\alpha$, quand x croît de $-\infty$ à $+\infty$.

C'est le cas d'un canal dont les profondeurs à l'infini en amont et en aval sont constantes et différentes.

Si $b = 0$, $a \neq 0$, le fond présente l'aspect d'une plage inclinée de l'angle α sous l'horizontale, la profondeur au large ayant une valeur constante égale à $\alpha a/k$.

On construit des solutions du système (1), (2), (3) en posant

$$\chi(\xi, \eta) = \frac{1}{2\pi i}\int_C e^{iu\xi}\,\frac{\mathrm{ch}(\alpha + \eta)u}{\mathrm{ch}\,\alpha u}\left(\frac{l}{\mathrm{sh}\,\pi u} + \frac{m}{\mathrm{ch}\,\pi u}\right)\mathrm{H}(u)\,du$$
$$+ \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma e^{-iu\xi}\,\frac{\mathrm{ch}(\alpha + \eta)u}{\mathrm{ch}\,\alpha u}\left(\frac{p}{\mathrm{sh}\,\pi u} + \frac{q}{\mathrm{ch}\,\pi u}\right)\mathrm{K}(u)\,du. \tag{7}$$

où $\mathrm{H}(u)$ et $\mathrm{K}(u)$ sont des fonctions analytiques de u, C et Γ des contours dans le plan de la variable complexe u et où l, m, p, q sont des constantes, convenablement choisies.

La fonction $\chi(\xi, \eta)$ définie par (7) satisfait aux équations (1) et (3); après interprétation de la condition (2) on est conduit à prendre pour $\mathrm{H}(u)$ et $\mathrm{K}(u)$ des fonctions analytiques satisfaisant aux équations

$$\frac{\mathrm{H}(u + i)}{\mathrm{H}(u)} = \frac{u\,\mathrm{th}\,\alpha u - b}{(u + i)\,\mathrm{th}\,\alpha(u + i) - a} \tag{8}$$

et

$$\frac{\mathrm{K}(u + i)}{\mathrm{K}(u)} = \frac{u\,\mathrm{th}\,\alpha u - a}{(u + i)\,\mathrm{th}\,\alpha(u + i) - b} \tag{9}$$

qui seront étudiées dans une prochaine Note.

PHOTOÉLASTICIMÉTRIE. — *Sur l'utilisation d'une résine éthoxyline en photoélasticimétrie à trois dimensions selon la technique du figeage.* Note de MM. **Michel Ballet** et **Gaston Mallet**, présentée par M. Émile Barrillon.

La technique du figeage en photoélasticimétrie à trois dimensions est subordonnée à l'existence d'une substance réunissant de nombreuses qualités, tant optiques que mécaniques.

Nous avons déterminé les caractéristiques d'un produit de la famille des résines éthoxylines, susceptible d'être moulé et les avons comparées à celles de la résine glycérophtalique utilisée par la plupart des laboratoires de photoélasticimétrie aux États-Unis. Les photographies des figures 1 et 2 représentent les réseaux d'isochromatiques obtenus, à la température de figeage, sur deux éprouvettes identiques réalisées à partir de l'une et l'autre de ces résines et travaillant en flexion circulaire sous des couples de valeurs voisines. On constate aisément que d'une part la sensibilité optique et le module d'Young de la résine éthoxyline sont notablement plus grands que ceux de la résine glycérophtalique, d'autre part les bords de la première éprouvette sont affranchis des perturbations locales qui affectent ceux de la seconde.

Voici les principales caractéristiques de ces deux substances à côté de celles d'une résine récemment mise au point aux États-Unis par N. C. Foster pour les besoins de la photoélasticimétrie à trois dimensions :

	Résine		
	glycérophtalique.	de Foster.	éthoxyline.
Source de renseignements cités	M. Frocht (1)	M. Frocht (1)	B. et M.
Possibilités de moulage	non	oui	oui
Durée et température de polymérisation après moulage	–	30 jours à 190°C	de 1 h à 200°C à 48 h à 100°C
Température de figeage	125°C	100°C	125°C
Sensibilité optique rapportée à l'effort : S_e (franges par kg : mm².mm)	17	12,5	38
Module d'Young : E (kg : mm²)	0,775	2,02	1,8
Sensibilité optique rapportée à la déformation : $S_d = E\,S_e$	13,2	25,3	70
Coefficient de Poisson : ν	0,50	–	0,45
Importance de l'effet bord-temps après figeage	considérable	faible	faible

Les deux qualités essentielles en ce qui concerne le figeage, étant la sensibilité optique rapportée à la déformation (2) et la stabilité dans le temps de la

(1) *Photoelasticity*, II, John Wiley and Sons, New York.

(2) « Figure of Merit » des auteurs Anglo-Saxons.

biréfringence acquise à la suite du figeage [effet bord-temps ([3]) négligeable], il ressort de l'examen de ce tableau que la résine éthoxyline faisant l'objet de cette Note se révèle très supérieure à tous les égards à la résine glycérophtalique habituellement utilisée et se compare favorablement à la résine spéciale mise au point par N. C. Foster.

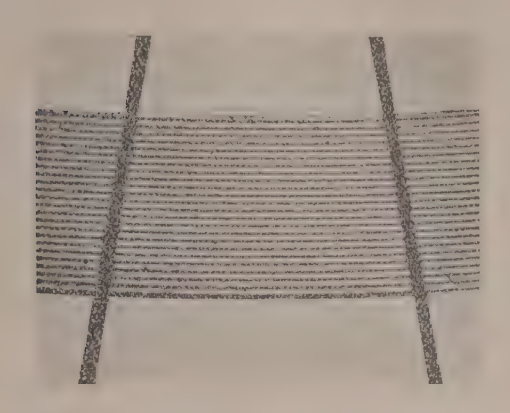


Fig. 1. — Éprouvette en résine éthoxyline. Tension sur les fibres extrêmes : 0,05 kg/mm².

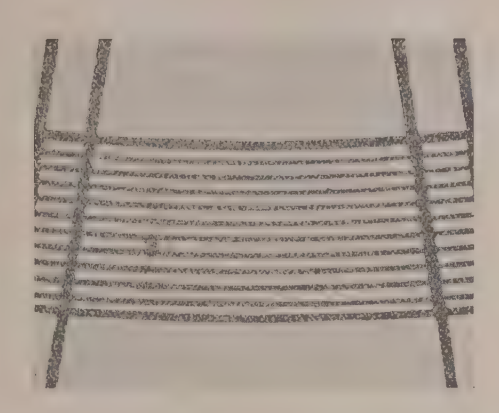


Fig. 2. — Éprouvette en résine glycérophtalique. Tension sur les fibres extrêmes : 0,06 kg/mm².

Nous avons vérifié sur un problème à trois dimensions que cette résine éthoxyline se prêtait effectivement à la technique du figeage : ces essais feront l'objet de publications ultérieures.

GÉODÉSIE. — *Contribution à l'établissement des bases du réseau gravimétrique africain.* Note de Mme **Françoise Duclaux** et M. **Jean Martin**, présentée par M. Pierre Lejay.

Ces mesures ont été exécutées avec le gravimètre North-American n° 124, à zone de 1 000 mgal, construit spécialement pour la gravimétrie géodésique, appartenant à l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer. Elles ont duré du 27 mars au 26 juin 1951.

Les liaisons entre stations ont presque toutes été effectuées par la voie aérienne. Elles comprennent :

a. un axe Toulouse, Brazzaville, Livingstone, Tananarive, La Réunion, Ile Maurice, dont chaque segment individuel a été fermé par aller et retour ;

b. une boucle fermée Brazzaville, Elisabethville, Nairobi, Stanleyville, Brazzaville ;

c. un aller et retour direct Nairobi-Tananarive.

([3]) « Time-edge effect » de ces mêmes auteurs.

Certaines bases ont servi de point de départ et d'arrivée pour des circuits locaux.

Le choix de cet itinéraire, avec double liaison Brazzaville-Tananarive (par Livingstone et par Nairobi), a eu pour but d'obtenir le maximum de précision sur la valeur de g à Tananarive, tout en passant :

par les stations du Congo belge, où doivent être exécutées prochainement des mesures pendulaires;

par les stations pendulaires de Bullard et Horsfield au Kénya, Tanganyika, Uganda;

par un point voisin de la station pendulaire sous-marine de Vening Meinesz à Port-Louis (Ile Maurice).

35 bases principales ont été faites sur les aérodromes; 86 stations secondaires ont été faites en dehors des aérodromes.

La dérive de l'appareil a été extrêmement faible. Une fois effectuée la correction de marée luni-solaire, les erreurs de fermeture, comprenant la totalité de la dérive, ont été les suivantes :

Toulouse-Brazzaville	+ 0,42 mgal
Brazzaville-Tananarive	+ 0,10 »
Tananarive-Ile Maurice	+ 0,02 »
Brazzaville-Nairobi	+ 0,43 »
Nairobi-Tananarive	− 0,03 »

Après répartition des erreurs de fermeture ci-dessus suivant la méthode habituelle, le triangle Brazzaville-Nairobi-Tananarive présente une erreur de fermeture résiduelle de 0,09 mgal.

Le coefficient adopté pour l'étalonnage de l'appareil a été établi sur les bases suivantes :

Paris-Bagnères de Bigorre-Col du Tourmalet;

Toulouse-Alger Maison Blanche;

préalablement rattachées à l'ensemble du réseau européen par l'un de nous.

Les valeurs de g calculées avec ce coefficient et basées sur la valeur $g = 980\,943,0$ pour Paris-Observatoire (piliers de l'Ancienne salle de Pesanteur), sont :

plus fortes en moyenne de 3,8 mgal que celles trouvées en cinq stations communes par Bullard et Horsfield au moyen de liaisons pendulaires avec Cambridge Pendulum House (valeur adoptée $g = 981\,265,0$);

plus faible de 1,5 mgal que celle trouvée par Vening Meinesz à Port-Louis au moyen de liaison pendulaire avec de Bilt (valeur adoptée $g = 981\,268,0$), la correction nécessaire pour ramener les deux mesures à une même station ayant été faite.

Valeurs de g aux principales stations.

Base : Piliers de l'ancienne salle de pesanteur de l'Observatoire de Paris, $g = 980\,943,0$.

Stations de l'axe principal.

Toulouse-Blagnac aérodrome	980 454,3
Alger Maison-Blanche	979 907,5
Aoulef aérodrome	978 988,2
» station Lagrula	978 990,1
Niamey aérodrome	978 269,2
Douala aérodrome	978 051,5
Pointe-Noire aérodrome	978 031,5
Brazzaville Maya-Maya	977 946,0
Livingstone aérodrome	978 223,6
Tananarive Arivonimamo	978 220,4
La Réunion Gillot	978 940,1
Ile Maurice-Plaisance	978 868,8
» -Port-Louis	978 927,7

Stations de la boucle Brazzaville-Nairobi.

Léopoldville aéorodrome	977 955,5
Luluabourg aérodrome 2	977 910,1
Elisabethville aérodrome	977 893,8
N'Dola aérodrome	977 916,7
Kasama aérodrome	977 792,1
Abercorn aérodrome	977 675,3
Tabora aérodrome	977 688,6
Nairobi Eastleigh	977 547,6
Usumbura aérodrome	977 743,8
Costermansville Kamembe	977 587,9
Irumu aérodrome	977 775,9
Stanleyville aérodrome	977 883,3
Bangui aérodrome	977 916,1
Ouesso	977 957,7

Stations de Madagascar.

Tananarive Arivonimamo	978 220,4
» Ivato	978 245,7
» Collège S^t-Michel	978 252,0
» I. R. S. M.	978 248,2
» Observ. Pilier mérid.	978 226,5
» Palais de la Reine	978 213,8
Morondava aérodrome	978 736,0
Tuléar aérodrome	978 888,1
Fort-Dauphin aérodrome	978 962,1
» météo	978 953,4

Stations de l'Est africain.

Nairobi Eastleigh	977 547,6
» Station Bullard 1	977 532,6
» » 2	977 539,0
» Norfolk Hotel	977 537,5
» West aérodrome	977 538,7
Kisumu aérodrome	977 610,1
» Station Bullard	977 613,1
» Provincial Offices	977 607,4
Entebbe aérodrome	977 728,4
» Geological Department	977 726,8
Kampala Station Bullard	977 722,7
Dar-es-Salaam aérodrome	978 120,5
» Station-Bullard	978 120,5
Zanzibar aérodrome	978 118,2
Tanga aérodrome	978 052,7
Mombasa aérodrome	978 052,8
» Station Bullard	978 037,4
» Municipal Offices	978 038,1

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un principe variationnel général en Physique théorique.* Note de MM. **Théo Kahan** et **Guy Rideau**, présentée par M. Louis de Broglie.

On indique un principe variationnel général d'où peuvent se déduire les principes proposés par Hulthen, Schwinger et Kohn [1].

1. On est amené dans les problèmes de diffusion à introduire des opérateurs

---

[1] *Cf.* Kohn, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1763, qui donne les références sur le sujet. *Voir* aussi Blatt et Jackson, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 18.

L que nous appellerons symétriques et définis par :

$$\int \psi_2 \mathrm{L} \psi_1 \, d\tau = \int \psi_1 \mathrm{L} \psi_2 \, d\tau.$$

On doit résoudre l'équation

$$\mathrm{L}\psi = 0,$$

la nature de ψ dépendant du problème posé. En introduisant deux fonctions ψ_1 et ψ_2, le problème se ramène au problème variationnel suivant :

$$\delta \int \psi_2 \mathrm{L} \psi_1 \, d\tau = 0.$$

La solution du problème plus général

$$\mathrm{L}\psi_i = f_i$$

qui revient au précédent par la transformation

$$\psi_i = \mathrm{L}^{-1} f_i + \Phi_i$$

est équivalente à celle du problème variationnel

$$\delta \left[\int \psi_2 \mathrm{L} \psi_1 \, d\tau - \int \psi_2 f_1 \, d\tau - \int f_2 \psi_1 \, d\tau \right] = 0.$$

2. Un opérateur symétrique représenté sous forme d'opérateur intégral aura un noyau symétrique. De plus, on peut mettre l'équation d'un problème de diffusion nucléaire sous la forme :

$$\psi_i(\vec{r}) = \psi_i^0(\vec{r}) + \int \mathrm{K}(\vec{r}, \vec{r}') \, \mathrm{V}(\vec{r}') \, \psi_i(\vec{r}') \, \overrightarrow{dr'},$$

où ψ_i^0 représente l'onde incidente et où $\mathrm{K}(\vec{r}', \vec{r})$ est symétrique. Cette équation se symétrise par la transformation

$$\Phi_i(\vec{r}) = \psi_i(\vec{r}) \sqrt{\mathrm{V}(\vec{r})}, \qquad \Phi_i^0(\vec{r}) = \psi_i^0(\vec{r}) \sqrt{\mathrm{V}(\vec{r})}.$$

On obtient ainsi une équation du type ci-dessus. Deux solutions ψ_1, ψ_2 de cette équation seront extrémales de la quantité

$$-\int \psi_2 \psi_1^0 \mathrm{V}(\vec{r}) \, \overrightarrow{dr} - \int \psi_2^0 \psi_1(\vec{r}) \, \mathrm{V}(\vec{r}) \, \overrightarrow{dr} + \int \psi_1 \mathrm{V}(\vec{r}) \, \psi_2 \, \overrightarrow{dr} - \int \psi_2(\vec{r}) \, \mathrm{V}(\vec{r}) \, \mathrm{K}(\vec{r}, \vec{r}') \, \mathrm{V}(\vec{r}') \, \psi_1(\vec{r}') \, \overrightarrow{dr} \, \overrightarrow{dr'}$$

qui, pour les solutions exactes a la valeur

$$\int \psi_2^0(\vec{r}) \, \psi_1(\vec{r}) \, \mathrm{V}(\vec{r}) \, \overrightarrow{dr}$$

3. Dans ces problèmes de diffusion nucléaire, il s'agit de connaître;

$$f(\vec{k}_1, -\vec{k}_2) = -\frac{1}{4\pi}\int \exp(i\vec{k}_2.\vec{r})\,V(\vec{r})\,\psi_1(\vec{r})\,\vec{dr}.$$

Les fonctions ψ_1 et ψ_2 figurant dans le principe variationnel correspondent respectivement aux ondes incidentes $\exp i\vec{k}_1.\vec{r}$ et $\exp i\vec{k}_2.\vec{r}$; $K(r, r')$ a la valeur $(-1/4\pi)\exp ik|\vec{r}-\vec{r}'|/|\vec{r}-\vec{r}'|$ d'où le principe variationnel

$$\begin{aligned}-4\pi' f(\vec{k}_1, -\vec{k}_2)' = & \int e^{i\vec{k}_2.\vec{r}}\,V(\vec{r})\,\psi_1(\vec{r})\,\vec{dr} \\ & + \int e^{i\vec{k}_1.\vec{r}}\,V(\vec{r})\,\psi_2(\vec{r})\,\vec{dr} - \int \psi_1(\vec{r})\,V(\vec{r})\,\psi_2(\vec{r})\,\vec{dr} \\ & - \frac{1}{4\pi}\int \psi_2(\vec{r})\,V(\vec{r})\,\frac{e^{ik|\vec{r}-\vec{r}'|}}{|\vec{r}-\vec{r}'|}\,V(\vec{r}')\,\psi_1(\vec{r}')\,\vec{dr}\,\vec{dr}'.\end{aligned}$$

Pour retrouver le principe de Kohn, qui contient comme cas particulier celui de Hulthen, on exprime l'opérateur $\nabla^2 + k^2$ sous forme d'opérateur intégral. Par des transformations simples, on se ramène à une équation du type étudié; on écrit le principe variationnel correspondant, et par réduction et intégration par parties, on retrouve les termes exacts du principe de Kohn.

4. Quand on se borne à un potentiel diffuseur V uniquement fonction de la distance, il suffit de considérer l'équation radiale

$$\begin{aligned}G_n(r) = & \frac{1}{k}\sqrt{\frac{\pi kr}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr) \\ & - \frac{(-1)^n}{k}\int J_{n+\frac{1}{2}}(kr_<)\sqrt{\frac{\pi kr_<}{2}}\sqrt{\frac{\pi kr_>}{2}}\,J_{-n-\frac{1}{2}}(kr_>)\,V(r')\,G_n(r')\,dr',\end{aligned}$$

$G_n(r)$ ayant la forme asymptotique $[\sin(kr - n\pi/2 + \eta_n)]/(k\cos\eta_n)$; on a

$$\operatorname{tg}\eta_n = -\int \sqrt{\frac{\pi kr}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\,V(r)\,G_n(r)\,dr.$$

On peut donc écrire l'équation radiale sous la forme

$$G_n(r) = -\int R(r, r')\,V(r')\,G_n(r')\,dr'$$

avec

$$\begin{aligned}R(r, r') = & \frac{1}{k\operatorname{tg}\eta_n}\sqrt{\frac{\pi kr}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\sqrt{\frac{\pi kr'}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr') \\ & + \frac{(-1)^n}{k}\sqrt{\frac{\pi kr_<}{2}}\,J_{n+\frac{1}{2}}(kr_<)\sqrt{\frac{\pi kr_>}{2}}\,J_{-n-\frac{1}{2}}(kr_>).\end{aligned}$$

Il est facile de symétriser cette équation; elle prend alors la forme

$$LG_n(r) = 0,$$

où L est manifestement un opérateur symétrique ; on peut appliquer le principe proposé en premier, déterminant $\cot g \eta_n$ par l'équation

$$\int G_n^2(r)\, V(r)\, dr + \frac{(-1)^n}{k} \int G_n(r)\, V(r) \sqrt{\frac{\pi k r_<}{2}}\, J_{n+\frac{1}{2}}(kr_<) \sqrt{\frac{\pi k r_>}{2}}\, V(r')\, J_{-n-\frac{1}{2}}(kr_>)\, G_n(r')\, dr\, dr' + \frac{1}{k} \cot g \eta_n \left[\int \sqrt{\frac{\pi k r}{2}}\, J_{n+\frac{1}{2}}(kr)\, V(r)\, G_n(r)\, dr \right]^2 = 0,$$

ce qui constitue précisément la formule donnée par Schwinger.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur un modèle classique de particule élémentaire.* Note de M. **Antoine Visconti**, présentée par M. Louis de Broglie.

Étude d'un modèle mécanique de corpuscule satisfaisant aux équations du champ soustractif [1], par assimilation à un fluide compressible de l'ensemble des mésons associés, les déformations de ce fluide étant dues par exemple à une oscillation propre d'une particule [2].

1. Nous plaçant dans le cadre de la théorie du champ soustractif, nous assimilerons à un fluide l'ensemble des masses mésoniques associées à la particule étudiée. Sous l'action d'un mouvement de cette particule $[\mathbf{R}(t), \mathbf{v}(t) = \dot{\mathbf{R}}(t)]$, une oscillation propre de Markov par exemple, la $i^{\text{ème}}$ particule de ce fluide (ε_i, r_i) acquiert la vitesses $\mathbf{v}_i$ d'où un courant que nous nous proposons de calculer.

Or, le calcul de l'interaction de ces masses mésoniques étant inextricable, nous ferons l'hypothèse que ce fluide se comporte comme *un fluide compressible, dans lequel une déformation, due au mouvement de la particule* $\mathbf{R}(t)$ *se propage avec une vitesse* c. Considérons l'unité de volume de ce fluide contenant la $i^{\text{ème}}$ particule, elle oscille autour de sa position d'équilibre $\mathbf{r}_{oi}$; à un facteur près qui se retrouve identique dans l'expression des autres forces, la force d'inertie de cette masse est $\partial^2/\partial t^2 (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{oi})$. Elle est de plus soumise aux forces suivantes :

1° la force due au mouvement de brassage du fluide compressible :

$$-c^2 \nabla^2 (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{oi});$$

2° une force de rappel $\omega_i^2 \times (\mathbf{r}_i - \mathbf{r}_{oi})$, ω_i constante;

3° une force exprimant l'action de la particule $\mathbf{R}(t)$. Deux hypothèses distinctes vont être faites, mais finalement elles conduiront aux mêmes résultats

(1) L. de Broglie, *J. Phys. Rad.*, **11**, 1950, p. 939.

(2) Bohm et Weinstein, *Phys. Rev.*, **74**, 1948, p. 1789, citant M. Markov, *J. Phys. U. S. S. R.*, **10**, 1946, p. 159.

a. En vertu du principe action et réaction, cette force est portée par le vecteur $\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R}$ (élongation petite); nous pouvons l'écrire $\omega_i^2\rho_1\times(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})$ ρ_1, fonction de $\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R}$, $\mathbf{v}_i$, $\mathbf{v}$, est sans dimensions et peut représenter une densité de répartition; c'est le sens que nous lui donnerons en nous inspirant d'un modèle de corpuscule analogue à l'atome de Rutherford.

b. Mais si utilisant cette signification de ρ_1, on prenait $\rho_1=\delta(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})$; cette force serait nulle. Dans ce cas quelques considérations physiques nous amènent à écrire la force agissant pendant l'intervalle dt : $\omega_i^2\rho_2(d/dt)(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})\,dt$ (principe action et réaction non satisfait), d'où la force agissant à l'instant t : $-\omega_i^2\int_{t_0}^{t}\rho_2\mathbf{v}(\tau)\,d\tau$.

Enfin, ω_i pulsation est déterminé en prenant pour énergie de la $i^{\text{ième}}$ particule son énergie au repos : $\omega_i=k_{0i}c$. Écrivant que ces forces sont en équilibre, on obtient :

$$\{\square+k_{0i}^2\}(\mathbf{r}_i-\mathbf{r}_{0i})=\begin{cases} k_{0i}^2\rho_1[\mathbf{r}_{0i}-\mathrm{R}(t)], & (1\,a)\\ -k_{0i}^2\displaystyle\int_{t_0}^{t}\rho_2\mathbf{v}(\tau)\,d\tau. & (1\,b)\end{cases}$$

2. Pour calculer le courant, dérivons (1 *a*) par rapport à t. En tenant compte de la conservation de l'électricité, on obtient :

$$\{\square+k_{0i}^2\}\mathbf{v}_i=-k_{0i}^2\left[(\mathbf{r}_{0i}-\mathbf{R})\frac{\partial\rho_1}{\partial t}+\rho_1\mathbf{v}(t)\right] \tag{2}$$

ρ_1 étant généralement fortement valorisé au voisinage de $\mathbf{R}$, le premier terme du crochet est négligeable :

$$\{\square+k_{0i}^2\}\mathbf{v}_i=-k_{0i}^2\rho\,\mathbf{v}(t). \tag{3}$$

La même dérivation de (1 *b*) donnerait directement (3). D'autre part, on tire de (3) $v_i=-k_{0i}^2 v\{\square+k_{0i}^2\}^{-1}\rho$; si $f(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)$ désigne la fonction de répartition des vitesses, le vecteur courant s'écrit :

$$\mathbf{J}=\Sigma\,\delta_i\int f(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)\,e\mathbf{v}_i\,d\mathbf{r}_0=-\Sigma\,\delta_i k_{0i}^2\int f(\mathbf{r}-\mathbf{r}_0)\{\square+k_{0i}^2\}^{-1}e\rho\mathbf{v}\,dr_0=\Omega^{-1}e\rho\mathbf{v}, \tag{4}$$

où Ω^{-1} est l'inverse de l'opérateur de fusion (l'expression de Ω^{-1} se lit sur la formule précédente), $\varepsilon_i=\delta_i e$; e, charge élémentaire; $|\delta_i|=1$. De la relation fondamentale $\Sigma\varepsilon_i=0$ on déduit $\Sigma\,\delta_i=0$. Les équations maxwelliennes s'écrivent simplement

$$\Omega(\operatorname{rot}\mathbf{H}-\dot{\mathbf{E}})=e\rho\mathbf{v},\qquad \Omega(\operatorname{div}\mathbf{E})=e\rho. \tag{5}$$

Les premiers membres des équations de Maxwell se trouvent affectés d'opérateurs formés avec $\square$, on retrouve ainsi des formes déjà données.

3. En exprimant $\{\square+k_{0i}^2\}^{-1}$ par une intégrale de Fourier et supposant f invariant d'espace-temps, quelques calculs montrent que :

$$\Omega^{-1}=-(2\pi)^{-4}\int\exp[-ip_\mu(x_\mu-\mathrm{X}_\mu)]f(p_\mu)\,\bar{\Delta}_{\mathrm{RS}}(p_\mu p_\mu)(\cdot)\,d^4p,\qquad x=(\mathbf{r},r_4), \tag{6}$$

où $\Delta_{RS} = \sum \varepsilon_i k_{0i}^2 (k_{0i}^2 - p_\lambda p_\lambda)^{-1}$; $f(p_\mu)$ est la transformée de f et Ω^{-1} agit sur la transformée de ρ. Cette expression est à comparer aux résultats du procédé de Pauli-Villars; il est aussi intéressant de prendre pour ρ la densité de Bopp-Feynmann (électron réparti sur le cône de lumière).

4. Prenons $f = \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_0)$ (masses mésoniques concentrées sur la particule $\mathbf{R}$), les équations maxwelliennes prennent la forme

$$\text{rot}\,\mathbf{H} - \dot{\mathbf{E}} = \sum k_{0i}^2 \{\Box + k_{0i}^2\}^{-1} \varepsilon_i \rho \mathbf{v} \tag{7}$$

et $\{\Box + k_{0i}^2\}^{-1} \varepsilon_i \rho \mathbf{v}$ est solution particulière de l'équation

$$\{\Box + k_{0i}^2\} \mathbf{A}_i = \varepsilon_i \rho \mathbf{v}, \tag{8}$$

de sorte que (7) est un cas particulier des équations du champ soustractif. Se limitant à deux masses et utilisant des propriétés du produit d'opérateurs $\{\Box + \alpha^2\}^{-1}$, on met (7) sous une forme intégro-différentielle

$$\text{rot}\,\mathbf{H} - \dot{\mathbf{E}} + k_{01}^2 k_{02}^2 \{\Box + k_{01}^2 + k_{02}^2\}^{-1} \mathbf{A} = (k_{02}^2 - k_{01}^2) \{\Box + k_{01}^2 + k_{02}^2\}^{-1} e\rho\mathbf{v}. \tag{9}$$

où $\mathbf{A} = \mathbf{A}_1 - \mathbf{A}_2$. Quelques calculs permettent de transformer (9) en

$$\{\Box - k_{01}^2\}\{\Box - k_{02}^2\} A_\mu = \{k_{02}^2 - k_{01}^2\} e\rho v_\mu. \tag{10}$$

Enfin, si $\rho = \delta(\mathbf{r} - \mathbf{R})$, on obtient la densité du champ soustractif [3]

$$\sigma = \Omega^{-1} e\rho = -\frac{1}{4\pi} \sum \varepsilon_i k_{0i}^2 \frac{e^{-k_{0i}|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}}{|\mathbf{r} - \mathbf{R}|}. \tag{11}$$

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la théorie du régime transgaussien de la lentille électrostatique elliptique.* Note de M. **Édouard Regenstreif**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le présent travail étend la théorie de la lentille elliptique établie précédemment pour le premier ordre [1], au domaine transgaussien défini dans une Note précédente [2].

Nous nous proposons ici d'étudier les rayons électroniques cheminant dans la lentille définie dans [1], en tenant compte des termes d'ordre supérieur en r qui caractérisent le régime transgaussien [2].

a. Lentilles fortement elliptiques. — Le calcul effectué sur les nouvelles bases fournit pour les projections de la trajectoire transgaussienne sur les plans

---

(3) Un article avec bibliographie est en préparation.

(1) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1818.

(2) E. Regenstreif, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1650.

de symétrie

$$(1)\quad\left\{\begin{array}{l}
\text{Région d'incidence :}\\
r_X = r_Y = r_0\,\mathrm{ch}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\arcsin(z+z_0)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+r_0^2\beta^2}}\right];\\
\text{Région centrale :}\\
r_{X,Y} = A_{X,Y}\cos\left[\sqrt{\dfrac{1\pm\varepsilon}{2}}\,\mathrm{arc\,sh}\,z\sqrt{\dfrac{2\alpha^2}{2-A_X^2\alpha^2(1-\varepsilon)-A_Y^2\alpha^2(1+\varepsilon)}}-\varphi_{X,Y}\right];\\
\text{Région d'émergence :}\\
r_{X,Y} = B_{X,Y}\,{\mathrm{ch} \atop \mathrm{sh}}\left[\dfrac{1}{\sqrt{2}}\arcsin(z-z_0)\sqrt{\dfrac{2\beta^2}{2+(B_X^2+B_Y^2)\beta^2}}-\psi_{X,Y}\right].
\end{array}\right.$$

La continuité des trajectoires et de leurs dérivées permet de déterminer les coefficients A, ..., ψ. On trouve

$$(2)\quad\left\{\begin{array}{l}
A_{X,Y}^2 = r_0^2\,\dfrac{\cos^2\theta_0}{\sin^2\theta_0}(\mathrm{ch}^2\beta_1+\lambda_{1XY}^2\,\mathrm{sh}^2\beta_1),\qquad \varphi_{XY}=\gamma_{1XY}-\alpha_{0XY},\\
B_{X,Y}^2 = A_{XY}^2\left[\pm\cos^2(\alpha_{0XY}-\varphi_{XY})-\dfrac{1}{\lambda_{2XY}^2}\sin^2(\alpha_{0XY}-\varphi_{XY})\right],\\
\psi_{X,Y} = \mathrm{arc\,th}\,{\dfrac{1}{\lambda_{2XY}}\mathrm{tg} \atop \lambda_{2XY}\,\mathrm{cotg}}(\alpha_{0XY}-\varphi_{X,Y})-\beta_2,\\
\text{avec}\\
\lambda_{1X,Y}^2 = \dfrac{1}{1\pm\varepsilon}\,\dfrac{2kx+(1-x)\left[2k^2-\left(\dfrac{r_0}{z_0}\right)^2(1-\varepsilon\cos2\theta_0)\,\mathrm{ch}^2\beta_1\right]}{2(1-k)+(1-x)\left[\left(\dfrac{r_0}{z_0}\right)^2\mathrm{ch}^2\beta_1-2(1-k)^2\right]},\\
\lambda_{2X,Y}^2 = \dfrac{1}{1+\varepsilon}\,\dfrac{2kx+(1-x\left\{2k^2-(1-\varepsilon)\left(\dfrac{A_X}{z_0}\right)^2[1\pm\sin^2(\alpha_{0X}-\varphi_X)]-(1+\varepsilon)\left(\dfrac{A_Y}{z_0}\right)^2[1\pm\sin^2(\alpha_{0Y}-\varphi_Y)]\right\}}{2(1-k)+(1-x)\left[\pm\left(\dfrac{A_X}{z_0}\right)^2\cos^2(\alpha_{0X}-\varphi_X)\pm\left(\dfrac{A_Y}{z_0}\right)^2\cos^2(\alpha_{0Y}-\varphi_Y)-2(1-k)^2\right]}.\\
\mathrm{tg}\,\gamma_{1X,Y} = \lambda_{1X,Y}\,\mathrm{th}\,\beta_0.
\end{array}\right.$$

Les relations (1) et (2) déterminent entièrement les trajectoires électroniques dans la lentille elliptique fonctionnant en régime transgaussien. Elles permettent en particulier le calcul numérique de ces trajectoires en fonction de la structure électrique et géométrique de la lentille et des paramètres r_0/z_0 caractérisant l'incidence et θ_0 fixant la position du méridien initial.

La théorie ainsi établie fournit un instrument de travail applicable au calcul des lentilles cylindriques (au sens optique du terme) pour lesquelles ε est petit mais fini; ces lentilles jouent un rôle important dans les projets actuels de lentilles corrigées d'aberrations [3].

---

[3] O. SCHERZER, *Optik*, 6, 7, 1947.

b. Lentilles faiblement elliptiques. — Lorsque par contre, l'on a affaire à une lentille ronde perturbée, ε peut être considéré comme infiniment petit. Le développement en série de ε fournit alors pour les projections des trajectoires établies en (2) des expressions de la forme

$$(3)\qquad \begin{cases} r_X = r_r\left\{1+\varepsilon\left[g\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)+h\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)\cos 2\theta_0\right]\right\}\cos\theta_0, \\ r_Y = r_r\left\{1-\varepsilon\left[g\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)-h\left(x, \frac{r_0}{z_0}, z\right)\cos 2\theta_0\right]\right\}\sin\theta_0; \end{cases}$$

où r_r représente la trajectoire transgaussienne de la lentille ronde de paramètres x et r_0/z_0, calculée en (2).

Les fonctions g et h sont calculables à partir des équations (1) et (2). On voit que, contrairement au régime gaussien, le paramètre θ_0 figure dans les accolades mais uniquement sous la forme $\cos 2\theta_0$. La fonction h est nulle en régime gaussien.

c. Figures caractéristiques du régime transgaussien. — Les équations précédentes nous donnent une théorie précise des figures que nous avons observées expérimentalement [4], [5] et qui caractérisent le régime transgaussien. Lorsque la zone latérale d'incidence Δr_0 est assez faible, les fonctions r_r, $r_r g$, $r_r h$ peuvent être considérées comme linéaires en $(r_0/z_0)^2$. Les équations (3) représentent alors, pour θ_0 constant, celles d'une droite dont la distance à l'origine est proportionnelle à ε. L'enveloppe de cette droite pour θ_0 variable est constituée par une hypocycloïde à quatre rebroussements [4], [5] dont les dimensions sont proportionnelles à l'ellipticité de la lentille.

d. Signalons enfin que la théorie est intégralement applicable au miroir elliptique transgaussien : les formules subissent seulement le changement de structure imposé par le caractère imaginaire de r_{0i}/z_0.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la diffusion multiple de particules chargées.* Note de M. **Robert Mertens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Dans cette Note une formule est établie pour la distribution angulaire de particules chargées traversant une feuille métallique.

L'équation intégro-différentielle décrivant le phénomène est [1]

$$(1)\qquad \frac{\partial f(\theta, \varphi, \nu)}{\partial \nu} = \int \frac{f(\theta', \varphi', \nu)}{\cos\theta'}\, p(\Theta)\, d\Omega' - \frac{f(\theta, \varphi, \nu)}{\cos\theta}$$

---

(4) F. Bertein et E. Regenstreif, *Comptes rendus*, **228**, 1949, p. 1854.

(5) P. Grivet, F. Bertein et E. Regenstreif, *Proceedings of the Int. Conference on Electron Microscopy*, Delft, 1949.

(1) *Cf.* W. Bothe, *Z. Physik*, 54, 1929, p. 161.

avec $\nu = qns$; $f(\theta, \varphi, \nu)\,d\Omega$ étant le nombre de particules sortant de la feuille métallique (par sec et cm²) et pénétrant dans l'angle solide élémentaire $d\Omega = \sin\theta\, d\theta\, d\varphi$; s l'épaisseur de la feuille ; n le nombre d'atomes par cm³ de la feuille métallique ; q la section efficace totale pour la diffusion simple ; Θ l'angle entre les directions (θ, φ) et (θ', φ') ; $p(\Theta)$ la probabilité pour qu'une particule chargée, ayant la direction (θ, φ), soit diffusée dans l'angle solide élémentaire $d\Omega' = \sin\theta'\, d\theta'\, d\varphi'$.

Le grand avantage de l'équation (1) est qu'elle tient compte de la vraie longueur du parcours de la particule chargée dans la feuille.

Posons $\cos\theta' \approx \cos\theta \approx 1$ et écrivons la solution de l'équation (1) sous forme d'une série de polynomes de Legendre, nous obtenons exactement la formule de Goudsmit et Saunderson [2]. Il est à remarquer que Goudsmit et Saunderson n'ont pas obtenu leur formule au moyen d'une équation intégro-différentielle mais bien en utilisant les principes du calcul des probabilités.

Afin d'intégrer l'équation (1), posons $f(\theta, \varphi, \nu) = \cos\theta\, F(\theta, \varphi, \nu)$; la fonction $F(\theta, \varphi, \nu)$ satisfait alors à l'équation

$$\cos\theta \frac{\partial F}{\partial \nu} = -F(\theta, \varphi, \nu) + \int F(\theta', \varphi', \nu)\, p(\Theta)\, d\Omega'. \tag{2}$$

Nous développons maintenant $F(\theta, \varphi, \nu)$ en une série de fonctions de Laplace,

$$\begin{aligned} F(\theta, \varphi, \nu) &= \sum_{n=0}^{\infty} Y_n(\theta, \varphi, \nu) \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \left\{ a_{n0}(\nu) P_n(\mu) + \sum_{m=1}^{n} \left[a_{nm}(\nu) \cos m\varphi + b_{nm}(\nu) \sin m\varphi \right] P_n^m(\mu) \right\}, \end{aligned}$$

où $\mu = \cos\theta$, et $p(\Theta)$ en une série de polynomes de Legendre,

$$p(\Theta) \equiv \mathcal{P}(\cos\Theta) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n P_n(x), \qquad \text{avec} \quad x = \cos\Theta.$$

Employant les relations intégrales bien connues des fonctions de Laplace et les formules [3]

$$\int_{-1}^{1} \mu\, P_n^m P_{n'}^m\, d\mu = 0 \qquad \text{si} \quad n' - n \neq 1,$$

$$\int_{-1}^{1} \mu\, P_n^m P_{n-1}^m\, d\mu = \frac{2}{4n^2 - 1}\, \frac{(n-m)!}{(n-m-1)!}$$

---

[2] S. Goudsmit et J. L. Saunderson, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 24 ; 58, 1940, p. 36 ; *cf.* J. H. Bartlett, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 843.

[3] E. W. Hobson, *The Theory of Spherical Harmonics*, Cambridge, 1931, p. 162. (La formule de Hobson contient un facteur π fautif.)

et posant $a_{nm}(\nu)=(2n+1)g_{nm}(\nu)$, nous trouvons que les coefficients $g_{nm}(\nu)$ satisfont à un système d'équations aux dérivées et aux différences finies,

$$(n-m)\frac{dg_{n-1,m}}{d\nu}+(n+m+1)\frac{dg_{n+1,m}}{d\nu}=B_n(2n+1)g_{nm}\qquad (m\leq n;\ n=0,\ 1,\ 2,\ \ldots)$$

avec

(3) $$B_n=2\pi\int_{-1}^{1}\mathcal{P}(x)\,P_n(x)\,dx-1.$$

Compte tenu de la condition aux limites $f(\theta,\varphi,0)=(1/\pi)\delta(1-\mu)$, $1/\pi$ étant un facteur de normalisation et $\delta(x)$ désignant la fonction delta de Dirac, nous trouvons les conditions aux limites suivantes :

$$g_{n0}(0)=\frac{1}{4\pi},\qquad g_{nm}(0)=0\qquad (m\neq 0).$$

Nous avons prouvé que les fonctions $g_{nm}(\nu)\equiv 0\,(m\neq 0)$ [4], d'où il suit que la solution possède une symétrie axiale. Posons $g_{n0}(\nu)=(1/4\pi)G_n(\nu)$, nous obtenons finalement

(4) $$\boxed{f(\theta,\nu)=\frac{\mu}{4\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(2n+1)\,G_n'(\nu)\,P_n(\mu),}$$

les $G_n(\nu)$ satisfaisant au système [5]

(5) $$\boxed{n\frac{dG_{n-1}}{d\nu}+(n+1)\frac{dG_{n+1}}{d\nu}=B_n(2n+1)\,G_n}$$

avec les conditions aux limites $G_n(0)=1$.

Des calculs plus détaillés, comprenant l'intégration du système (5), seront publiés ailleurs. Des calculs employant des lois différentes pour la diffusion simple seront effectués sous peu.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure de la période d'une activité isomérique à vie brève formée dans le plomb par les neutrons rapides.* Note de MM. **Jean Lascoux** et **Georges Vendryes**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Un dispositif a été réalisé pour l'étude d'activités à courte période (entre 10^{-3} et 1 s environ) formées par bombardement de neutrons; ceux-ci sont obtenus en bombardant une cible en beryllium avec 5μ A de deutons de 600 keV. La substance irradiée est placée contre la source de

---

(4) Une condition analogue peut être obtenue pour les coefficients $b_{nm}(\nu)$.

(5) Dans le cas de la formule de Goudsmit et Saunderson, les coefficients G_n satisfont à une équation différentielle ordinaire.

neutrons, face au détecteur de radiations. Ce dernier est un photomultiplicateur R.C.A. 5819 associé à un cristal de tolane de grandes dimensions, qu'a préparé, au C. E. A., M. Pichat, dans les services de M. Guéron. Le dispositif expérimental comporte essentiellement un automatisme assurant l'alternance régulière d'intervalles de bombardement et de mesures, au moyen de quatre signaux S_1, S_2, S_3, S_4, dont la tension varie périodiquement au cours du temps selon la figure 1.

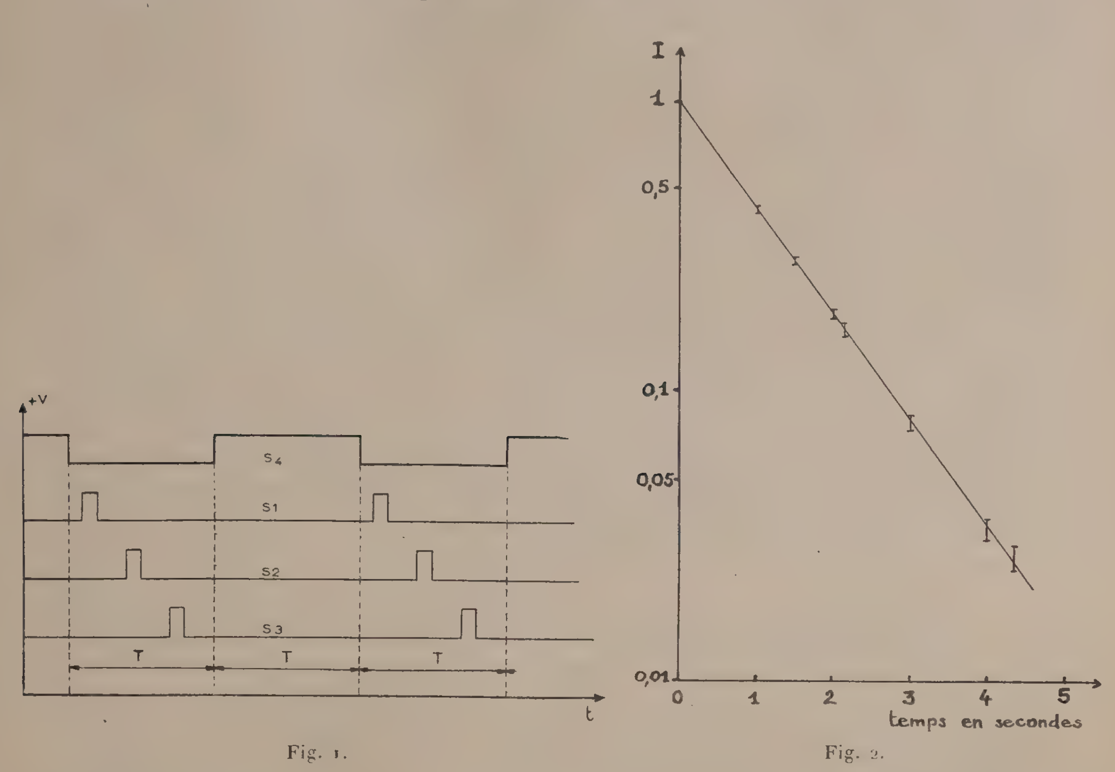


Fig. 1. Fig. 2.

Les irradiations sont limitées aux intervalles, de durée T, où S_4 est positif; au cours des intervalles, de même durée T, qui séparent deux irradiations successives, les impulsions issues du photomultiplicateur sont, à tour de rôle, dirigées sur trois échelles pendant trois intervalles d'égale durée T/10 correspondant aux crêtes positives des signaux S_1, S_2, S_3. On peut ainsi mettre en évidence les activités de période voisine de T éventuellement formées par le bombardement des neutrons, et balayer leur courbe de décroissance en déplaçant les signaux S_1, S_2, S_3 dans l'intervalle de deux irradiations successives.

Nous donnons ci-dessous quelques résultats obtenus en utilisant un cycle de fonctionnement de période $2T = 12$ s. Nous avons tout d'abord irradié une pastille de beryllium et observé la décroissance de l'hélium 6 formé par la réaction Be^9 (n, α) He^6. La période obtenue : $\tau = 0{,}84 \pm 0{,}03$ s,

est en bon accord avec les valeurs récemment mesurées par d'autres auteurs [1].

Nous avons ensuite irradié du plomb pour rechercher l'activité de 0,9 s signalée par Campbell et Goodrich [2] dans du plomb exposé aux neutrons d'une pile. Nous avons observé une telle activité, et mesuré sa période à $\tau = 0{,}82 \pm 0{,}02$ s. La courbe de décroissance de la figure 2 a été tracée après soustraction d'un fond parasite égal environ au 1/5 de l'activité initiale. Nous avons constaté que l'activité de période 0,82 s était due aux neutrons rapides et non aux neutrons lents; nous avons établi qu'elle était bien formée dans le plomb et, en particulier, qu'il ne pouvait s'agir là d'un effet secondaire de la désintégration β de l'He^6 produit dans le beryllium de la cible. Le rayonnement qui lui est associé est constitué de rayons γ relativement durs; les résultats des mesures d'absorption que nous avons faites, quoique très imprécis, sont compatibles avec les valeurs indiquées par Campbell et Goodrich [2] pour leurs énergies (0,5 et 1 MeV).

Une discussion des conditions expérimentales montre que la période de 0,82 s est due à une activité isomérique; nous avons mesuré à $1{,}5.10^{-25}$ cm² par atome de plomb naturel sa section efficace de formation avec les neutrons de la réaction Be^9 (d, n) B^{10}. Cette valeur, exacte à un facteur 2 près, s'accorde avec l'hypothèse, de toutes la plus vraisemblable, que l'isomère est formé par choc inélastique d'un neutron sur un des isotopes stables du plomb naturel.

RADIOACTIVITÉ. — *Recherches sur la radioactivité de l'air libre.*

Note de M. **Hubert Garrigue**, présentée par M. Jean Cabannes.

On a décelé à nouveau le corps complexe de période quelques heures déjà soupçonné en 1946. Mais on arrive à conclure que les abondantes précipitations atmosphériques générales de l'année 1951 dans nos régions ont lavé la basse atmosphère.

Nous avons signalé récemment [1] que le doute sur l'origine « atomique » du corps radioactif complexe A mis en évidence dans l'atmosphère libre depuis le 20 juillet 1946, était levé. La prospection systématique de la radioactivité de l'air libre en station fixe (Observatoire du sommet du Puy de Dôme, 1460 m) et en vol (à bord de l'avion-laboratoire du Service de l'Aviation légère, attaché à la Défense nationale) se poursuit, en utilisant les

---

(1) Sommers et Sherr, *Phys. Rev.*, 69, 1946, p. 21; Holmes, *Proc. Phys. Soc.*, 62, 1949, p. 293; Cassels et Latham, *Nature*, 159, 1947, p. 367.

(2) *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 640, abstract C 9.

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1003.

mêmes méthodes d'opération et de mesure. De nouveaux résultats ont été obtenus, qui méritent d'être signalés. Ils sont résumés dans le tableau suivant.

Date.	Durée (h).	Conditions d'opération altitude.	Rn.	Tn.	A.	A'.
Année 1951.						
15 mars.	3	vol PSV, givre, neige 2400 m	$0,7.10^{-16}$	néant	néant	néant
18 mars.	1 1/2	vol, air instable, 5 950 m ([2])	0,1	»	»	»
23 mars.	1	vol d'onde 4 900 m	traces	»	»	»
4 avril.	3	vol, air turbulent 3 300 m	$0,05.10^{-16}$	traces	traces	traces
21 avril.	2	vol, air humide 3 300 m	1,0	»	»	$0,1.10^{-18}$
23 avril.	20	station fixe 1 460 m	8,0	$8,0.10^{-18}$	»	0,2
3 mai. .	2	vol PSV, pluie 2 600 m	0,2	néant	néant	traces
20 mai. .	2	vol, air turbulent 3 200 m	0,8	»	»	néant
Jours suivants jusqu'au 14 août.		vols, altitudes diverses	variable	néant	néant	néant

N. B. — Rn, Tn, A, A', représentent respectivement les teneurs de l'air libre, exprimées en équivalent de curie de radon par centimètre cube de volume exploré, en radon (période 27 mn), thoron (11 h), corps complexe A (25 h), corps complexe A' (quelques heures).

Conclusions. — Le vol expérimental du 21 avril et la mesure au sol du 23 avril 1951, semblent lever le doute qui restait sur la réalité du corps complexe A' de période quelques heures, dont l'existence avait déjà été soupçonnée en 1946 ([3]). Par ailleurs et pour la première fois, il a été possible de mettre en évidence un corps radioactif étranger (le corps A') en station fixe au sol, en un lieu où l'air est le moins souillé par la proximité d'agglomérations industrielles ou autres. La période de ce corps A' se trouve comprise entre les périodes des dépôts actifs du radon et du thoron; sa détermination précise est, de ce fait, difficile et l'évaluation de l'intensité d'activité de ce corps A' ne peut être qu'approximative. De plus, les mesures au sol sont gênées par la plus grande abondance de radon et de thoron d'origine terrestre.

Il faut remarquer enfin, que les abondantes précipitations atmosphériques générales survenues dans nos régions depuis quelque temps et jusqu'à ces jours derniers, influencées certainement (à l'échelle mondiale) par les noyaux de condensation issus des explosions atomiques, comme il a été déjà signalé ([1]), ont eu pour effet de laver très efficacement la basse atmosphère : les vols expérimentaux à partir du 4 avril 1951, n'accusent, en effet, que de faibles

---

([2]) L'altitude de 5 950 m au dessus du niveau de la mer, n'a été limitée que par l'absence d'inhalateur d'oxygène. L'altitude maxima atteinte précédemment avec le même matériel était de 5 670 m, à la date du 28 mars 1950. Nous rappelons que le plafond pratique de l'avion utilisé se situe entre 2 500 et 3 000 m, les altitudes plus élevées n'ont pu être atteintes que sur les ascendances.

([3]) *Publ. Sc. tech. Minist. Air*, n° 228, 1949, p. 14.

traces de corps radioactifs étrangers, lesquelles ne sont plus décelables à partir du 20 mai 1951, bien que l'activité « atomique » humaine à la surface du globe n'ait cessé d'augmenter.

Rappelons que les intensités relatives du corps complexe A de période 20 à 30 h, mesurées jusqu'ici, ont été les suivantes :

Date.	Intensité relative.
20 juillet 1946	100
Juillet 1948	1
Janvier à avril 1950	0,0
11 juin 1950	1
13 janvier 1951	3
3 février 1951	15
4 avril 1951	0,1
20 mai au 14 août 1951	0,0

Ces constatations ont leur importance et montrent le rôle de défense naturelle que pourront jouer les précipitations atmosphériques dans le cas d'invasion d'air pollué. Il paraît même devoir être possible, par le déclenchement artificiel de la pluie en amont de la trajectoire d'un système de fronts, d'empêcher cet air pollué d'atteindre un pays et par contre-coup d'y amener, avec de l'air purifié, du beau temps.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude des propriétés diélectriques en ondes centimétriques de l'eau fixée sur gel de silice.* Note de MM. **Jean Le Bot** et **Serge Le Montagner**, présentée par M. Jean Cabannes.

A la suite de divers travaux destinés à étudier le mécanisme de la fixation de l'eau sur le gel de silice [1], [2], [3], nous avons étudié la variation de ε' et ε'' de l'actigel hydraté en fonction de la fréquence entre 2800 et 26000 MHz ($\lambda = 10{,}7$ à $\lambda = 1{,}16$ cm) à la température de $+ 20°$ C.

L'actigel hydraté perd une partie de son eau (18 % environ) par chauffage à 100-110° et peut reprendre cette eau de façon à peu près réversible si on l'abandonne dans une atmosphère humide. Le reste de l'eau (10 % environ) ne s'élimine que par chauffage au-dessus de 600° C ; le produit perd alors partiellement ses propriétés d'adsorbant. Nous pensons avoir mis en évidence une différence très nette entre les propriétés diélectriques de l'eau partant à 100° C et de celle partant à 600° C.

Nos résultats expérimentaux sont résumés par la courbe ci-contre. La courbe 2 est relative à l'actigel déshydraté à 100-110° jusqu'à poids constant :

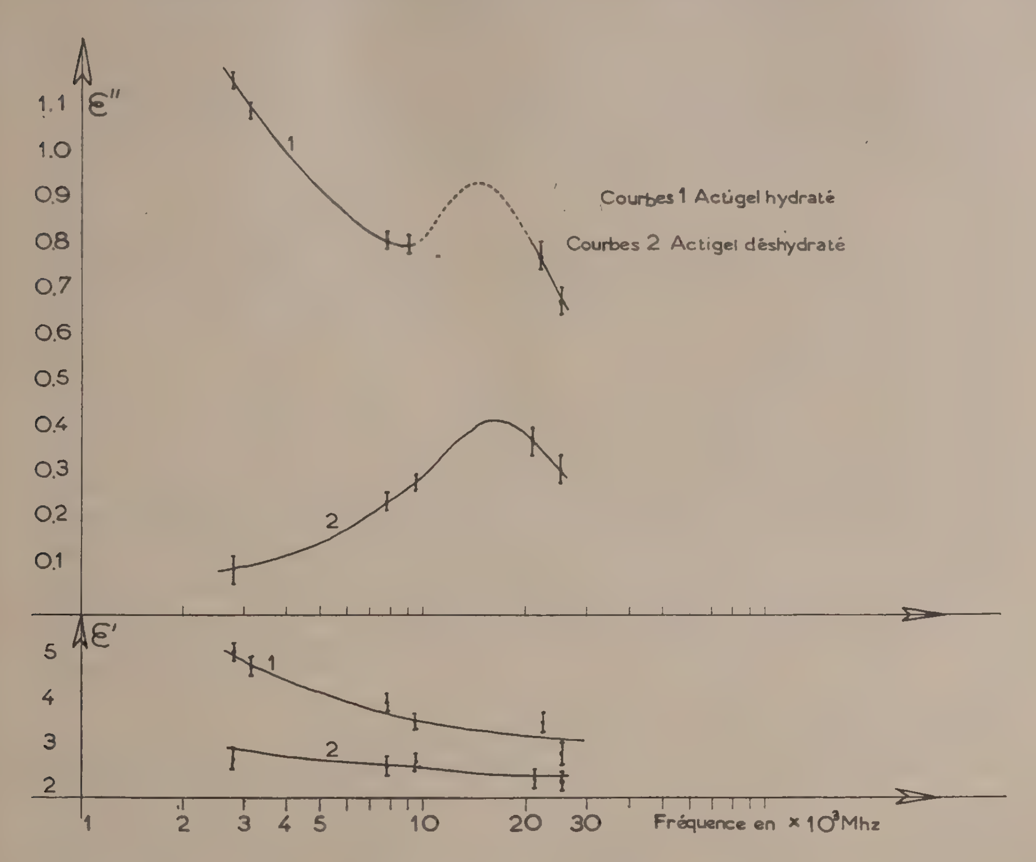
---

(1) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 401 et 1096.

(2) Mlle M.-T. Rolland et R. Bernard, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 1098.

(3) Mme M. Freymann, Mlle M.-T. Rolland et R. Freymann, *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2312.

l'absorption ε″ présente alors un maximum vers 17000 MHz que l'on peut attribuer à l'eau partant à 600° C. La courbe 1 relative à l'actigel hydraté présente également ce maximum, mais la remontée de la courbe vers les



fréquences plus faibles laisse prévoir l'existence d'un autre maximum qui serait cette fois dû à l'eau partant à 100-110° C. Nous avons également vérifié qu'il était possible de passer réversiblement de la courbe 1 à la courbe 2 par déshydratation puis réhydratation; la vérification a été bonne dans tous les cas. Enfin, pour nous assurer de l'existence du maximum vers 17000 MHz, région où nous ne disposons pas encore de moyens de mesure, nous avons essayé de déplacer ce maximum vers 10000 MHz en abaissant la température : un abaissement de température de + 20° à + 5° C a ainsi fait passer l'absorption ε″ de 0,81 à 0,96 à 9540 MHz. Des expériences sont en cours pour étudier systématiquement l'effet de la température sur ces bandes, mais nous pensons que la différence entre les propriétés diélectriques, en ondes centimétriques, de l'eau partant à 100° et de l'eau partant à 600° est bien établie par nos expériences.

D'autre part, et bien que ceci demande confirmation, on pourrait songer à rapprocher la bande observée à 17000 MHz et + 20° C de celle obtenue à 1 KHz et — 100° C par M[lle] Rolland et R. Bernard ([2]) pour le même produit.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption ultra-hertzienne des sels hygroscopiques.* Note de M. **Raymond Rohmer**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons établi dans un travail antérieur (1) que l'étude de l'absorption ultra-hertzienne permettait de reconnaître si un système eau-sel était en équilibre ou non. Nous avons montré l'intérêt de cette étude pour les mélanges de sels et d'eau, à faible teneur en eau; ces systèmes se trouvent le plus souvent en faux équilibre à cause du mauvais contact entre l'eau et le sel, en gros excès.

L'intérêt de l'étude de l'absorption ultra-hertzienne apparaît encore davantage lorsqu'on s'adresse aux sels capables de fixer la vapeur d'eau, soit par absorption directe de la vapeur d'eau de l'atmosphère — c'est le cas des sels hygroscopiques proprement dits — soit lorsqu'on les soumet à l'action de la vapeur d'eau en vase clos.

La mesure de l'absorption ultra-hertzienne indique sous quelle forme la vapeur d'eau est fixée par le sel (2).

Le sulfate de sodium anhydre s'hydrate dans une atmosphère saturée d'humidité car, à toute température inférieure à 32°,4, la tension de vapeur saturante de l'eau est supérieure à la tension de dissociation du décahydrate. On étale le sel, sur des verres de montres qu'on met dans un dessiccateur dans lequel l'eau remplace le desséchant. Le dessiccateur est placé dans un thermostat. On pèse à intervalles réguliers et l'on mesure l'absorption ultra-hertzienne ε'' pour $\lambda = 3,138$ cm (2).

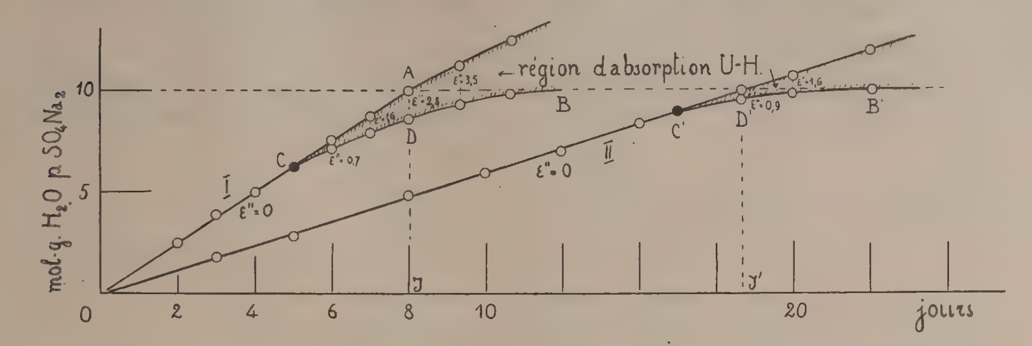
On a porté sur le diagramme la quantité d'eau absorbée par le sel en fonction du temps. L'augmentation de poids est pratiquement proportionnelle au temps. Elle dépend surtout de l'épaisseur de la couche saline qu'il faut renouveler après chaque pesée pour éviter l'hydratation superficielle et, pour une épaisseur donnée faible, elle ne dépend que de la tension de la vapeur d'eau et, par suite, de la température.

La courbe I se rapporte à une expérience à 30°. Pendant les cinq premiers jours, l'absorption ultra-hertzienne est très voisine de zéro (droite OC). Il en résulte que l'eau condensée n'est pas liquide, mais combinée à l'état d'eau de cristallisation. Les petites valeurs que prend ε'' (de l'ordre de 0,05) sont dues au fait que l'eau condensée ne se combine pas instantanément au sel. A partir du sixième jour, ε'' prend des valeurs croissantes qui indiquent la présence d'eau liquide non combinée, en quantités proportionnelles à ε''. A partir de ce moment la vitesse d'absorption de la vapeur d'eau par le sel, qui est constante, devient supérieure à la vitesse de combinaison de l'eau avec SO_4Na_2 qui diminue avec la disparition progressive du sulfate anhydre. Après J jours, AJ

(1) R. Freymann et R. Rohmer, *Comptes rendus*, 233, 1951 (à paraître).

(2) M. et R. Freymann, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 401.

représente l'eau absorbée, JD l'eau combinée et AD l'eau libre. On détermine AD en plaçant le sel mouillé dans une enceinte sous une pression de vapeur égale à la tension de dissociation du décahydrate (dessiccateur dans lequel le desséchant est remplacé par SO_4Na_2, 10 H_2O.) L'eau libre, dont la tension de



vapeur est supérieure à celle de l'hydrate, s'évapore et se déduit de la perte de poids. AD représente ainsi 1,5 mol-g d'eau pour 1 mol-g SO_4Na_2; l'absorption ultra-hertzienne correspondante est 2,8, d'où le facteur de proportionnalité qui permet de tracer la courbe CB. A 30°, l'eau libre apparaît déjà lorsque la moitié de l'eau de cristallisation est combinée.

A 18°, par contre, ε'' reste voisin de zéro jusqu'à ce que 90 % de l'eau de cristallisation soit fixée.

La mesure de l'absorption ultra-hertzienne permet de connaître le processus d'hydratation des sels hygroscopiques proprement dits, dans l'atmosphère. Il dépend du degré hygrométrique et, plus encore, de la tension de l'hydrate qui se forme. Dans le cas général, par exemple pour Cl_3Al, on a une courbe d'hydratation de la forme I ou II, mais certains sels très avides d'eau comme CO_3K_2 ou Cl_2Ca absorbent l'eau avec une vitesse très supérieure à la vitesse de formation des hydrates stables; C se confond avec O; d'autres, au contraire, comme SO_4Co, se combinent à l'eau au fur et à mesure qu'ils l'absorbent (pour un degré hygrométrique normal). On ne constate pas la présence d'eau libre, même après la combinaison de 6 mol-g, car à partir de ce moment la tension de l'hydrate est voisine de celle de l'eau.

RADIOCHIMIE. — *Recherche d'un échange d'atomes de carbone entre les ions carboniques et les ions cobaltitricarboniques à l'aide du radiocarbone* 14. Note (*) de Mlle **Danièle Marx**, présentée par M. Louis de Broglie.

Mode opératoire. — On prépare le cobalticarbonate cobaltique en solution aqueuse selon la technique de Clément Duval ([1]). On opère à l'obscurité.

(*) Séance du 1er octobre 1951.

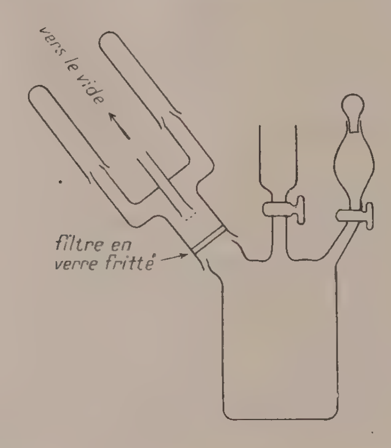
([1]) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 615.

Cette solution est introduite sous atmosphère d'azote dans le récipient de la figure à l'aide du tube à entonnoir.

Par l'ampoule à brome on introduit le radiocarbonate acide de sodium en solution aqueuse.

Après avoir laissé les substances en contact pendant le temps désiré, on précipite le complexe par de la glycérine.

Le dispositif de la figure permet alors de filtrer la solution sans la transvaser et de recueillir d'une part le complexe, d'autre part la solution de bicarbonate.



Dans cette solution on précipite les ions carboniques sous forme de carbonate de baryum.

Le précipité de cobalticarbonate cobaltique est lui-même transformé en anhydride carbonique et en carbonate de baryum par attaque dans un appareil du type de Van Slyke (2).

On mesure alors les activités des précipités de carbonate de baryum obtenus et l'on compare à celle d'un étalon préparé à partir du radiocarbonate initial.

Résultats. — On a utilisé des solutions sensiblement équimoléculaires et normales.

Dans ces conditions l'échange observé à température ordinaire pour des temps de contact s'échelonnant entre 5 mn et 15 h reste inférieur à 1 %.

Une étude complémentaire utilisant le complexe sous forme radioactive a donné le même résultat.

Il y a lieu d'observer que même à des concentrations dix fois inférieures, Harris et Stranks (3) ont obtenu un échange d'environ 50 % en 7 h entre les ions carboniques et les ions cobaltitétrammine carboniques.

Dans notre cas l'échange est donc plus difficile. On peut interpréter ce fait

---

(2) D. D. Van Slyke et J. Folch, *J. Biol. Chem.*, 136, 1940, p. 509.

(3) *Isotopes techniques conférence*, Oxford, 16 au 20 juillet 1951.

en observant que le complexe que nous avons étudié est plus symétrique que celui de Harris et Stranks.

Reprenant un argument donné dans un cas analogue par Muxart et Daudel ([4]), on peut penser que cette symétrie vient stabiliser la molécule car on peut écrire dans le cas des ions cobaltitricarboniques un plus grand nombre de formules mésomères isoénergétiques que dans le cas des ions cobaltitétrammine carboniques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Préparation catalytique de l'amidure de potassium.* Note de M. **Jean de Postis** et M^lle **Lucienne Linemann**, présentée par M. Louis Hackspill.

Nous avons mis au point un appareil et un mode opératoire pour préparer l'amidure de potassium pur par décomposition du potassammonium en présence de platine de Vavon. Nous donnons une analyse de ce produit. L'amidure de potassium est remarquablement sensible à l'oxygène.

K. W. Gleener et A. L. Henne préparent l'amidure de potassium par décomposition catalytique du potassammonium en présence de nitrate ferrique ([1]). L'amidure préparé ainsi contient du fer et des oxydes qu'il est impossible d'éliminer. O. Ruff et E. Geisel utilisent des toiles de platine platinées mais leur appareil ne permet pas d'éliminer complètement ce catalyseur ([2]). Nous avons repris cette préparation en utilisant le platine de Vavon ([3]) et mis au point un appareil qui permet de faire la réaction et d'éliminer le catalyseur en atmosphère complètement exempte d'oxygène et d'humidité. Cet appareil sans joint de caoutchouc, fonctionne de la manière suivante :

Le catalyseur est déposé sur la plaque filtrante (*fig.* 1), puis l'appareil est séché et dégazé à chaud sous vide. On introduit le potassium par distillation, puis l'ammoniac, préalablement condensé sur sodium pour le débarrasser de toute trace d'oxygène et d'humidité, est admis dans le condenseur à reflux et recueilli à l'état liquide dans le tube à réaction. Il ne traverse pas la plaque filtrante si l'on a soin de maintenir au-dessous de cette dernière une légère surpression d'ammoniac.

Quand la réaction commence, on voit un dégagement d'hydrogène et la formation d'une phase incolore non miscible au potassammonium.

Dès que la décoloration est complète on filtre en créant une dépression sous

---

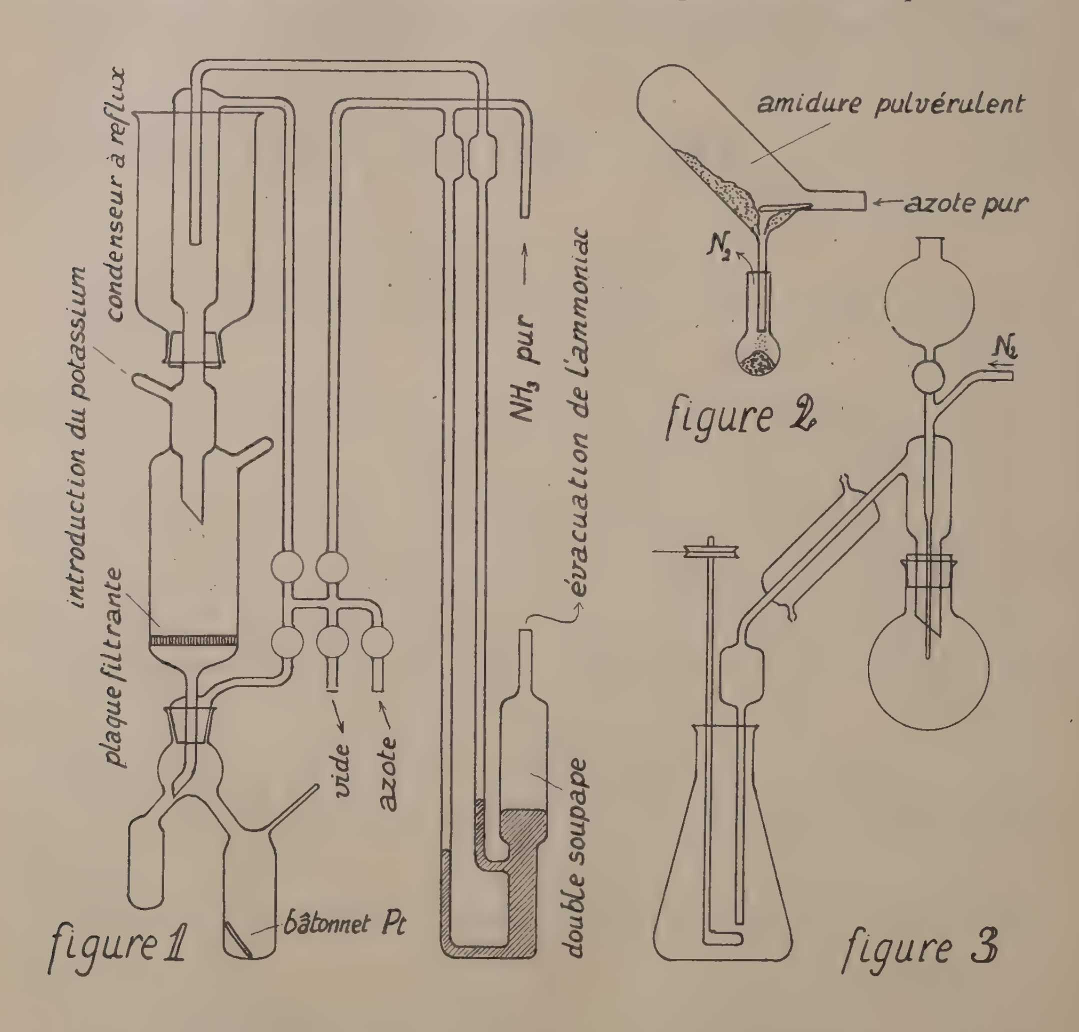
([4]) *Journal de Chimie Physique*, 47, 1950, p. 612. *Voir* aussi Muxart, Boscardin, Daudel et Wenger, *J. de Chim, Phys.*, 47, 1950, Note de la page 609.

([1]) *Inorganic Syntheses*, 2, 1946, p. 128-133.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, 39, 1905, p. 828.

([3]) *Ann. Chim.*, (9), 1, 1914, p. 146.

la plaque poreuse. Le filtrat est jaune clair : par évaporation sous la pression atmosphérique il abandonne des aiguilles blanches, lesquelles perdent encore de l'ammoniac en se transformant en petits cristaux d'amidure non ammoniacal formant une croûte sur les parois de l'ampoule. Celle-ci contient un bâtonnet de platine qui, par vive agitation, détache l'amidure et le réduit en poudre assez fine. Ce produit est conservé et manipulé dans l'azote pur et sec.



Analyse : un peu de produit est pesé dans une petite ampoule de verre mince pleine d'azote et close par un morceau d'agitateur (*fig.* 2); l'ampoule est brisée dans le ballon d'un appareil de Kjeldahl rempli d'azote. Cet appareil dans le cas présent est modifié par l'adjonction d'une ampoule à brome munie d'une arrivée d'azote au-dessous de son robinet (*fig.* 3).

On décompose l'amidure par l'alcool, puis par l'eau, suivant les réactions

$$C_2H_5OH + NH_2K = C_2H_5OK + NH_3, \qquad C_2H_5OK + H_2O = C_2H_5OH + KOH.$$

On conduit la distillation en maintenant un léger courant d'azote pour éviter tout retour d'ammoniac dans le tube de l'ampoule à brome. L'analyse se termine par le titrage de l'ammoniac absorbé dans une quantité connue d'acide sulfurique et par le titrage de la potasse dans le ballon.

Trois analyses ont donné les résultats suivants : m = poids de produit soumis à l'analyse; V = nombre de centimètres cubes d'acide N/1 dans le récepteur à ammoniac; v = nombre de centimètres cubes de soude N/1 nécessaire pour neutraliser l'excès d'acide; W = nombre de centimètres cubes d'acide N/1 pour le titrage de la potasse.

m.........	0,4241 g		0,3591 g		0,3819 g	
V — v......	7,7 cm³	th. 7,71	6,5 cm³	th. 6,54	6,9 cm³	th. 6,94
W.........	7,7 cm³		6,4 cm³		6,9 cm³	

Ces analyses montrent que l'amidure titre au moins 99 %.

Plus altérable que le potassium, l'amidure absorbe instantanément les moindres traces d'oxygène et prend une coloration jaune orangé. A l'air il s'enflamme. Cependant, de nombreuses expériences faites dans les meilleures conditions nous ont montré que la couleur jaune pâle des solutions d'amidure ne semble pas provenir de l'oxygène. La nature et les propriétés du produit jaune obtenu par oxydation de l'amidure sont à l'étude.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Utilisation de pellicules colorées pour détecter l'évolution de la structure micrographique des alliages réfractaires au nickel-chrome du type* 80/20. Note de Mme **Charlotte Bückle** et M. **Jean Poulignier**, présentée par M. Pierre Chevenard.

On peut provoquer la formation de lames minces colorées à la surface des alliages réfractaires au nickel-chrome, lorsque ceux-ci ont subi un traitement de vieillissement soit en cours d'utilisation, soit en cours d'essais de fluage ou de fatigue à chaud; pour cela, on attaque dans une solution bouillante de composition : 5 cm³ d'acide fluorhydrique concentré, 3 cm³ d'acide chlorhydrique concentré, 50 cm³ d'alcool. La coloration évolue très progressivement suivant l'importance des facteurs de vieillissement : temps et température.

Il est bien connu que les réactifs micrographiques qui produisent des lames minces colorées à la surface des échantillons attaqués, permettent, mieux que les autres réactifs, l'observation fine des hétérogénéités physiques et chimiques du métal.

Beaujard [1] en a donné une application récente permettant la mise en évidence de la cristallisation ferritique dans les aciers et il a rappelé quelques méthodes utilisées sur divers alliages. Jacquet [2] a préconisé l'oxydation

(1) *Comptes rendus*, **233**, 1951, p. 653.

(2) *Rev. de Métallurgie*, **48**, 1950, p. 566.

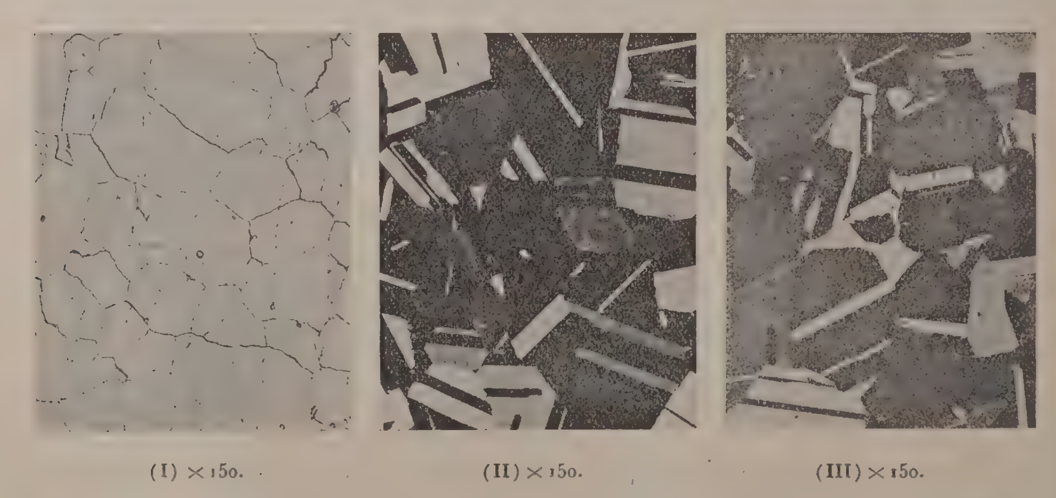
anodique en solution d'hyposulfite de sodium à 0,1 %, pour mettre en évidence les hétérogénéités aux joints de grains des alliages réfractaires au nickel-chrome. Pfeil, Allen et Conway ([3]) ont montré l'évolution de la structure de ces mêmes alliages et spécialement de ceux du type Nimonic 80, en utilisant une attaque dans l'acide sulfurique à 5 %.

Dans le présent travail, nous nous sommes proposé de compléter les possibilités d'examen existantes par une méthode facilement reproductible, produisant une coloration aussi indépendante que possible de la durée d'attaque et suffisamment sensible pour permettre de suivre, d'après la coloration, l'évolution de la solution solide soit en cours d'utilisation, soit en cours d'essais de fluage ou de fatigue à chaud.

La solution d'attaque qui nous a donné les meilleurs résultats, présente la composition suivante :

Acide fluorhydrique concentré (densité 1,14)...	5 cm³	en solution bouillante
» chlorhydrique concentré (densité 1,19)...	3 »	
Alcool dénaturé..............................	50 »	

La coloration dépend de l'orientation cristallographique des grains ou des portions de grains limitées par les mâcles de recristallisation. Tandis qu'à l'état initial (après traitement d'homogénéisation à 1080° et vieillissement



(I) × 150. (II) × 150. (III) × 150.

Évolution de la solution solide en fonction du vieillissement.

(I) Échantillon à l'état initial. — (II) Échantillon vieilli 750 h à 750°. — (III) Échantillon vieilli 1400 h à 750°. Poli mécanique. Attaque HCl + HF en solution alcoolique.

de 16 h à 700°) la solution solide ne présente pas, ou présente très peu de coloration (*fig.* I), on voit apparaître, dès les premières heures d'un vieillisse-

([3]) *Nickel-chromium-titanium alloys of the Nimonic 80 Type. Symposium on high-temperature Steels and Alloys for Gas-turbines*, Londres, 1951.

ment ultérieur un contraste qui va grandissant en fonction de la durée et de la température de ce vieillissement (*fig.* II). Les colorations, d'abord jaunes, deviennent progressivement de teinte marron de plus en plus foncé pour virer au bleu lorsque le traitement est suffisamment poussé (par exemple 500 h à 750°). Pour des vieillissements encore plus prononcés, les teintes qui étaient jusque-là bien franches se lavent et prennent des tons pastels. Simultanément, le film se marque de piqûres de plus en plus nettes (*fig.* III) qui tendent à confirmer l'hypothèse de Pfeil, Allen et Conway concernant la formation d'un précipité submicroscopique.

Les colorations varient peu en fonction de la durée d'attaque; seul le gravage des joints de grains ou de mâcle est notablement affecté par cette durée. Pour avoir des résultats parfaitement reproductibles, il est cependant préférable de se fixer un temps d'attaque constant (8 mn, par exemple).

L'importance de l'échelle des contrastes n'est pas la même pour les alliages réfractaires au nickel-chrome des diverses fabrications. Contrairement à l'attaque anodique, qui a permis de révéler l'influence des contraintes sur l'évolution des précipités aux joints [2], notre nouvelle attaque ne décèle pas d'effet appréciable des diverses sollicitations d'ordre mécanique sur l'évolution de la solution solide.

CORROSION. — *Sur le mécanisme de la corrosion intergranulaire et de la corrosion sous tension des alliages aluminium-magnésium et aluminium-zinc-magnésium.* Note de M. **Pierre A. Jacquet**, présentée par M. Albert Portevin.

Le chlorure d'aluminium formé par l'action des ions chlore de la solution de NaCl neutre sur les zones anodiques (phase électronégative et structure écrouie) subit une hydrolyse qui libère de l'acide chlorhydrique attaquant fortement les anodes avec formation d'hydrogène. Les contraintes mécaniques accélèrent l'attaque (corrosion sous tension) en favorisant l'accès de l'électrolyte au fond des fissures où l'effet d'entaille tend à mettre à nu des régions actives et à provoquer des déformations locales.

Nos recherches sur la relation entre la structure et la sensibilité à l'attaque intergranulaire de l'alliage Al-Mg [1] nous ont conduit à étudier le mécanisme encore mal connu de la corrosion sous tension de cet alliage et de l'alliage Al-Zn-Mg (« Zicral ») [2].

Les faits nouveaux sont les suivants :

1° Une éprouvette d'alliage AG 7 ou de zicral de structure quelconque, polie électrolytiquement, puis soumise à l'attaque anodique dans la solution NaClN se dissout avec dégagement d'hydrogène. L'anolyte s'enrichit en acide chlorhydrique et le catholyte en soude libre. Ces produits et la

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 621.

(2) *Voir* par exemple P. T. Gilbert et S. E. Hadden, *J. Inst. Metals*, 77, 1950, p. 237.

perte de poids de l'anode correspondent sensiblement à la loi de Faraday.

2° Lorsque l'alliage possède une structure caractérisant la sensibilité à l'attaque intergranulaire un spécimen traité dans les conditions ci-dessus, rincé à l'eau, puis placé au contact de l'eau distillée *froide* continue à libérer de l'hydrogène en quantité d'autant plus forte que le degré de sensibilité est plus grand et que les grains sont plus petits. Les bulles de gaz entraînent des filaments d'alumine.

3° Le dégagement d'hydrogène et la formation d'acide libre s'observent aussi lorsque l'alliage sensibilisé joue le rôle d'anode dans une pile galvanique dont la cathode est constituée par le même alliage non sensible.

4° L'examen d'une section d'éprouvette ainsi traitée montre que les joints de grains sensibilisés sont presque tous fissurés jusqu'à une profondeur notable sous la surface. A l'état insensible, la corrosion se traduit par des piqûres superficielles.

5° La corrosion avec dégagement d'hydrogène peut s'amorcer, ou se poursuivre après activation galvanique préalable, au seul contact de la solution saline neutre. L'examen sous le microscope permet de suivre la propagation de l'attaque et indique que les bulles se dégagent exclusivement sur les frontières des grains. Les phénomènes se ralentissent, puis cessent, lorsque apparaît sur toute la surface un dépôt d'alumine gélatineuse. On les provoque à nouveau en éliminant ce dépôt.

6° L'alliage Al-Zn-Mg est sensible à la corrosion intergranulaire à l'état trempé à 465° et devient insensible après revenu à 130°. La méthode de la pile montre que le revenu déplace fortement le potentiel vers des valeurs moins négatives, mais une déformation plastique locale (chocs, rayures) rend, de nouveau, l'alliage anodique. Au contact de la solution saline, la corrosion avec dégagement d'hydrogène se localise sur les bandes de déformation (*fig.* 1), jusqu'à former de profondes fissures transgranulaires. L'écrouissage local (rayure) de l'alliage trempé amorce une corrosion générale, qui devient ensuite strictement intergranulaire dans les régions non déformées, et est accompagnée d'une violente expulsion d'hydrogène (*fig.* 2). Ces faits et ceux décrits antérieurement, entraînent les conséquences suivantes :

a. Contrairement à la théorie électrochimique classique qui prévoit le dégagement d'hydrogène sur les seules régions cathodiques d'un alliage hétérogène, dans le cas des alliages riches en aluminium, ce gaz apparaît sur les anodes. Il traduit la réactivité des zones sensibilisées, vis-à-vis de l'eau et surtout de l'acide chlorhydrique résultant de l'hydrolyse du chlorure d'aluminium primaire (3).

---

(3) Selon la théorie de l'électrolyse de P. Jolibois (*Comptes rendus*, 215, 1942, p. 319), la formation d'acide à l'anode est le phénomène primaire.

b. Le mécanisme fondamental de la corrosion fissurante, en présence d'ions chlore, implique donc une attaque acide, qui peut se produire indéfiniment, si les conditions sont favorables, selon une réaction en chaîne du type :

$$2\,Al + \begin{matrix} 3\,Cl_2 \\ 6\,HCl \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} 2\,AlCl_3 \\ +3\,H_2 \end{matrix} \xrightarrow{n\,H_2O} 2\,Al(OH)_3 + 6\,HCl.$$

On connaît d'ailleurs l'extrême sensibilité de l'aluminium et de ses alliages à l'acide chlorhydrique libre [4].

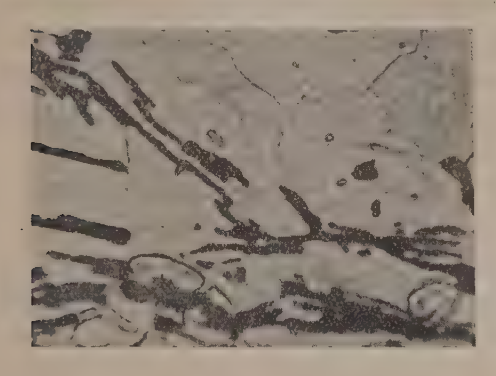


Fig. 1.

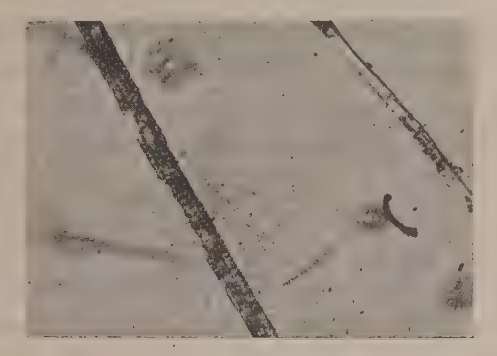


Fig. 2.

Fig. 1. — Corrosion par la solution Na Cl N des bandes de déformation dans le zicral (état revenu) écroui par choc. (× 1850.)

Fig. 2. — Jets de gaz hydrogène pendant la corrosion du zicral (état trempé) au contact de la solution Na Cl N. (× 370).

c. Les anodes sont, soit des phases plus électronégatives que la matrice, soit des régions de déformations plastiques même extrêmement minimes (par exemple au fond des rayures d'abrasion).

d. Les cathodes sont constituées par la matrice de l'alliage. Lorsque la corrosion fissurante progresse en profondeur, seule la surface extérieure continue à jouer le rôle de cathode. Ainsi, la soude cathodique élève le pH du milieu, mais ne peut réagir sur l'acide naissant au fond des fissures.

e. En l'absence de contraintes mécaniques, l'attaque des anodes tend à cesser, par suite de la polarisation cathodique et de l'accumulation d'alumine dans les fissures. Des efforts de traction élargissent les fissures, favorisent la pénétration des ions chlore et de l'eau, mettent à nu des régions actives et provoquent des déformations locales par effet d'entaille. Elles détruisent sans doute aussi la continuité de la pellicule superficielle.

---

(4) P. Lacombe et N. Yannaquis, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 921; *Rev. Métallurgie*, 45, 1948, p. 68.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses de cétones aliphatiques ramifiées par les composés organo-cadmiens.* Note (*) de MM. **René Heilmann** et **Gabriel de Gaudemaris**, présentée par M. Marcel Délépine.

Les recherches en cours dans notre laboratoire ayant nécessité la préparation d'une série de cétones aliphatiques ramifiées, nous avons mis à profit, à cet effet, les méthodes organo-cadmiennes. Celles-ci, relativement peu utilisées pour la synthèse de cétones aliphatiques, comme le montrent les excellentes mises au point parues récemment [1], conduisent à des rendements qui semblent plus réguliers que ceux fournis par la méthode de Blaise aux organo-zinciques.

Conditions expérimentales. — Pour une molécule de magnésien, il faut théoriquement employer une demi-molécule de chlorure de cadmium et une molécule de chlorure d'acide, selon les équations de base :

$$2\,RMgBr + Cl_2Cd = RCdR + Br_2Mg + Cl_2Mg,$$
$$RCdR + 2\,R'COCl = 2\,RCOR' + Cl^2Cd.$$

Il convient donc de titrer par la méthode acidimétrique [2] les magnésiens (toujours de la forme $R.CH_2MgBr$) dont la préparation fournit des rendements allant de 75 % pour le bromure d'isobutylmagnésium à 90 % pour les bromures d'éthyl et de propylmagnésium.

Afin d'obtenir la meilleure utilisation du chlorure d'acide, nous avons été amenés à prendre pratiquement les proportions suivantes : 0,55 mole de chlorure de cadmium et, suivant les cas, 0,7 à 0,8 mole de chlorure d'acide pour un atome-gramme de magnésium et une mole de bromure d'alcoyle.

Les chlorures d'acide obtenus par le chlorure de thionyle (même purifié par distillation sur la quinoléine puis sur l'huile de lin) peuvent retenir une impureté soufrée susceptible d'entraver la réaction avec l'organocadmien; c'est pourquoi nous avons de préférence préparé ces composés par la méthode d'échange avec le chlorure de benzoyle [3].

Après quelques essais, nous avons adopté le mode opératoire général suivant :

On prépare de la façon habituelle le magnésien à partir de 12 g de magnésium et d'une demi-mole d'halogénure dans 300 cm³ d'éther anhydre : on ajoute ensuite 300 cm³ de benzène anhydre et l'on distille l'éther au bain-marie à 70°; sans laisser refroidir, on introduit peu à peu 48 g de chlorure de cadmium, préalablement desséché à l'étuve à 120° et finement pulvérisé. Le sel se dissout et le

---

(*) Séance du 8 octobre 1951.

(1) Vene, *Bull. Soc. Chim.*, 17, 1950, D p. 163; Cason, *Chem. Rev.*, 40, 1947, p. 15.

(2) Gilman, *J. Am. Chem. Soc.*, 51, 1929, p. 1576.

(3) Brown, *id.*, 60, 1938, p. 1325.

mélange reprend lentement la couleur du magnésien. On porte alors à l'ébullition pendant deux heures. Après avoir laissé refroidir à 60° le mélange, on ajoute en une heure 0,35 à 0,4 mole de chlorure d'acide (suivant le rendement du magnésien) dissous dans 300 cm³ de benzène anhydre. La réaction est en général immédiate et régulière; le mélange est ensuite maintenu pendant deux heures à l'ébullition : une très bonne agitation, signalée par de nombreux auteurs, est indispensable. Pendant la dernière partie de l'opération, le chlorure de cadmium reprécipite progressivement. Après refroidissement, le mélange est traité par l'eau glacée additionnée d'acide chlorhydrique dilué en quantité strictement suffisante pour dissoudre les sels métalliques.

On décante alors, on extrait trois fois à l'éther, et on lave à la soude diluée puis à l'eau. Après séchage sur carbonate de potasse et évaporation des solvants, on distille la cétone qui passe en général sur deux à trois degrés : le rendement en produit brut va de 50 à 70 %. A la rectification, on recueille une cétone très pure avec un rendement de 40 à 50 %.

Synthèses effectuées. — Après la préparation de diverses cétones (éthyltertiobutylcétone, propyltertiobutylcétone) ordinairement obtenues par d'autres méthodes, nous avons effectué celle de l'isobutyltertiobutylcétone : cette dernière avait été obtenue en petites quantités par les organozinciques ([4]) et le point d'ébullition indiqué était de 157-158°. Nous avons, en effet trouvé : $É_{745}$ 158; $É_{14}$ 53; n_D^{20} 1,4035.

Nous avons ensuite entrepris la synthèse de quelques cétones contenant le groupe néopentyle, c'est-à-dire du type $R.CO.CH_2.C.(CH_3)_3$, cétones qui, à notre connaissance, n'ont pas encore été décrites. Ces synthèses mettent en œuvre, avec les organomagnésiens cités plus haut, le chlorure de l'acide tertiobutylacétique, obtenu lui-même à partir de la méthylnéopentylcétone préparée en quantités notables dans notre laboratoire ([5]).

ÉTHYL-NÉOPENTYL-CÉTONE. — Liquide incolore, $É_{744}$ 142°; n_D^{22} 1,4115. *Dinitro*-2.4 *phénylhydrazone*, F 134°. Analyse : N calculé 18,10 % ; trouvé 18,02 %.

PROPYL-NÉOPENTYL-CÉTONE. — Liquide incolore, $É_{15}$ 60°, n_D^{22} 1,4205. *Dinitro*-2.4 *phénylhydrazone*, F 100°. Analyse : N calculé 17,07 % ; trouvé 17,16 %.

ISOBUTYL-NÉOPENTYL-CÉTONE. — Liquide incolore, $É_{15}$ 70-71°; n_D^{28} 1,4087. *Dinitro*-2.4 *phénylhydrazone*, F 83°. Analyse : N calculé 16,66 % ; trouvé 16,72 %.

Nous nous proposons d'étendre cette étude à la synthèse d'autres cétones ramifiées en α du groupe carbonyle.

([4]) LEERS, *Bull. Soc. Chim.*, 39, 1926, p. 654.

([5]) R. HEILMANN, G. DE GAUDEMARIS et P. ARNAUD, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de β-dicétones par condensation de monocétones et de chlorures d'acide à l'aide de t-amylate de sodium.* Note de MM. **Gustave Vavon** et **Jean-M. Conia**, présentée par M. Marcel Delépine.

La technique employée consiste à mélanger *rapidement* des solutions benzéniques de : une molécule de cétone, une molécule de *t*-amylate de sodium et une demi-molécule de chlorure d'acide. Avec les couples : acétophénone-chlorure de benzoyle, cyclohexanone-chlorure de benzoyle, cyclohexanone-chlorure d'acétyle, les rendements en β-dicétone sont de 60, 45, 40 % par rapport au chlorure d'acide.

Si l'on a beaucoup étudié la condensation cétone + ester [1] (dite de Claisen) ou cétone + anhydride d'acide [2] en vue d'obtenir des β-dicétones (Rdts faibles dans le premier cas, très variables dans le deuxième), on a peu cherché à condenser cétone et chlorure d'acide; seuls Haller et Bauer [3] ont préparé ainsi quelques β-dicétones en sodant au préalable la monocétone par NH_2Na.

La difficulté consiste ici à préparer la cétone sodée; nous avons déjà montré [4], en effet, que les cétones sodées se condensent sur elles-mêmes, mais que *t-amylate de* Na, *excellent agent de sodation*, permet facilement de les préparer par simple mélange de la cétone et de la solution d'amylate. Nous avons pensé utiliser cette propriété pour *préparer les β-dicétones en mélangeant monocétone et amylate et en introduisant aussitôt dans le mélange le chlorure d'acide*. Cependant si l'on opère molécule à molécule, on a surtout la condensation d'une molécule de cétone avec deux molécules de chlorure (dès sa formation, la β-dicétone, plus acide, décompose la monocétone sodée et c'est cette dicétone qui se condense avec la deuxième molécule de chlorure d'acide). On obtient des rendements satisfaisants en β-dicétone en utilisant *une demi-molécule de chlorure d'acide pour une molécule de cétone sodée*, l'excès de celle-ci étant presque entièrement récupéré.

1. *Dibenzoylméthane* $C_{15}H_{12}O_2$. — On refroidit dans de la glace trois solutions constituées : la première par 120 g (une molécule) d'acétophénone dans 500 cm³ de benzène sec, la deuxième par 1 000 cm³ d'amylate benzénique N/1, la troisième par 70 g (une demi-molécule) de chlorure de benzoyle dans 500 cm³ de benzène. On mélange alors d'un seul coup l'amylate et la solution cétonique

(1) *Lieb. Ann.*, 291, 1896, p. 52.

(2) Meerwein et Vossen, *J. prakt. Chem.*, 141, 1934, p. 145.

(3) *Comptes rendus*, 153, 1911, p. 145.

(4) *Comptes rendus*, 223, 1946, p. 157 et 245.

et l'on agite *quelques secondes*; dans la cétone ainsi sodée on introduit encore d'un seul coup le chlorure d'acide et l'on agite quelques minutes tandis que la température s'élève.

On lave à l'eau chlorhydrique, puis à l'eau pure et l'on décante la solution organique qu'on sèche sur SO_4Na_2. Après avoir chassé le solvant on rectifie sous vide; on obtient les fractions suivantes : (I) 90 g, $É_{25}$ 80-160°; (II) 3 g, $É_{25}$ 160-220°; (III) 66 g, $É_{25}$ 220-230°; (IV) 7 g de résidu.

La fraction (I), lavée à la soude aqueuse, permet d'isoler 9,5 g d'acide benzoïque; la partie non saponifiable est constituée presque exclusivement par de l'acétophénone récupérée : 76 g. La fraction (III) se solidifie au fur et à mesure de la rectification; c'est du *dibenzoylméthane* pratiquement pur : F : 76°-78° (en accord avec les publications) (5). Rendement par rapport à l'acétophénone disparue : 79 % ; par rapport au chlorure de benzoyle employé : 60 %. Le résidu (IV), recristallisé dans l'alcool, est du tribenzoylméthane (6), F 231°-233°.

2. *α Benzoylcyclohexanone* $C_{13}H_{14}O_2$. — Claisen l'a obtenu avec de très faibles rendements par condensation de la cyclohexanone et du benzoate d'éthyle (4). L'emploi de NH_2Na et du chlorure de benzoyle n'a donné à Bauer que des rendements de l'ordre de 10 % ; aussi cet auteur a-t-il utilisé une autre méthode (7) plus longue où il passe par l'acide ε benzoylcaproïque (toutefois le rendement en dicétone n'est pas précisé).

Avec le *t*-amylate de Na, on opère comme dans l'exemple précédent; cependant, lors de la reprise à l'eau chlorhydrique, il faut agiter vigoureusement pour décomposer l'énol sodé jaune. De plus, on ne tombe pas ici sur un corps pur, mais sur le mélange dicétone-énol.

A partir de 98 g de cyclohexanone et de 70 g de chlorure de benzoyle, on isole un mélange de dicétone et de son énol (55 g passant à $É_{15}$ 180-200°). Ce mélange abandonné pendant quelques jours se solidifie; après essorage, on obtient 45 g de dicétone pure F 92-93°, soit un rendement de 45 %.

3. *α-Acétylcyclohexanone* $C_8H_{12}O_2$. — A partir de 98 g de cyclohexanone et de 40 g de chlorure d'acétyle, on isole 28 g d'α-acétylcyclohexanone $É_{14}$ 106-108°; Rdt 40 % par rapport au chlorure d'acide. Semi-carbazone : F 161°, constantes cadrant avec celles de Leser (8) qui a obtenu cette dicétone par action de Na sur le mélange cyclohexanone + chlorure d'acétyle (rendement non donné).

---

(5) *Org. Synth.*, **1**, 205 et 1940, **20**, p. 32.

(6) Weygand, *Ber.*, **61**, 1928, p. 687.

(7) *Ann. Chim. Phys.*, (9), **1**, 1914, p. 406.

(8) *Ann. Chim. Phys.*, (8), **26**, 1912, p. 227.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des acylcoumarones et de leurs dérivés azotés.* II. *Synthèse et réactivité des β-benzofuryl-alcoyl-cétones et des imines correspondantes.* Note de M. **Modeste Martynoff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Synthèse de β-benzofuryl-méthyl-cétone, de β-benzofuryl-éthyl-cétone et de β-benzofuryl-ter. butyl-cétimine. Tandis que les deux premiers corps réagissent normalement avec l'hydroxylamine, la semicarbazide, etc., en donnant des oximes, des semicarbazones, etc., l'imine ter. butylique fournit avec ces réactifs des produits d'addition. Cette imine, isolée sous deux variétés (monomérique et dimérique), n'a pu être hydrolysée en cétone.

Aucun dérivé β-acylé de la coumarone (ou imine correspondante) ne semble avoir été décrit. J'ai entrepris leur synthèse en vue d'une étude comparative devant compléter les recherches spectrales ([1]) et chimiques ([2]) effectuées dans la série α.

Le point de départ a été le β-cyano-benzofuranne (I), produit également inconnu, que j'ai préparé avec un excellent rendement par action du cyanure cuivreux sur le dérivé bromé correspondant. La condensation de ce nitrile avec $CH_3—Mg—I$, $C_2H_5—Mg—Br$ et $(CH_3)^3\equiv C—Mg—Cl$ a conduit respectivement à la β-benzofuryl-méthyl-cétone (II), à la β-benzofuryl-éthyl-cétone (III) et à la β-benzofuryl-ter. butyl-cétimine (IV) :

$C_6H_4\langle$ [C(—CN)=CH—O] (I)

$C_6H_4\langle$ [C(—CO—CH_3)=CH—O] (II)

$C_6H_4\langle$ [C(—CO—C_2H_5)=CH—O] (III)

$C_6H_4\langle$ [C(—C(=NH)—C\equiv(CH_3)^3)=CH—O] (IV)

L'imine résultant de l'action de $CH_3—Mg—I$ est instable; au cours de l'hydrolyse elle se résinifie en partie. La cétone (II) réagit normalement avec l'hydroxylamine et la semicarbazide en donnant une oxime et une semicarbazone. Cette dernière a pu être obtenue sous les deux formes stéréoisomériques. La cétimine correspondant à (III) n'a pas, non plus, été isolée. Moins résinifiable que son homologue inférieur, elle s'hydrolyse, au cours du

---

([1]) Mme P. Ramart-Lucas et M. Martynoff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 517.

([2]) M. Martynoff, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2454.

traitement du complexe magnésien, en cétone, laquelle fournit aisément une oxime et une semicarbazone. Par contre, l'imine ter.butylique (IV) est extrêmement stable; elle résiste à l'action de ClH bouillant et ne donne avec les réactifs du groupe $=C=NH$ (hydroxylamine, etc.) que des produits d'addition. Elle se condense d'ailleurs sur elle-même en produisant un dimère stable qui se dépolymérise sous l'action de ClH ou des solvants polaires tels que l'acide acétique ou l'alcool.

(I) *β-cyano-benzofuranne :* C_9H_5ON. — Un mélange de β-bromo-benzofuranne, de CNCu et de pyridine est chauffé, pendant 18 h, à 215-240°. La masse réactionnelle est traitée à l'ammoniaque et épuisée au benzène. L'entraînement à la vapeur d'eau fournit le nitrile pur avec un rendement de 82 %. Cristaux blancs F 93° (cyclohexane). Trouvé % : C 75,55; H 3,54; N 9,68; P. M. (benzène) 143. Calculé : 75,52; 3,49 et 9,79. P. M. 143. Du résidu non entraînable on retire des traces d'un polymère peu soluble F 215° (toluène). Trouvé % : C 75,58; H 3,64; N 9,91. Le P. M. n'a pu être déterminé en raison de la très faible solubilité.

(II) *β-benzofuryl-méthyl-cétone :* $C_{10}H_8O_2$. — Par action d'un excès de $CH_3—Mg—I$ sur le β-cyano-benzofuranne (I), en solution éthérée. La décomposition du complexe à l'aide d'une solution de $ClNH_4$ fournit une huile incristallisable qui ne peut être distillée sans subir une résinification complète. Avec ClH dilué, à basse température, on obtient à côté de la résine une huile jaunâtre E_{14} 120-135° formée par la cétone impure et cristallisant en partie (F 36°). *Oxime :* $C_{10}H_9O_2N$. Cristaux incolores F 148° (alcool). Trouvé % : C 68,26; H 5,30; N 7,96. Calculé : 68,56; 5,14 et 8,00. *Semicarbazones :* $C_{11}H_{11}O_2N_3$. Les deux stéréoisomères F 252 et 230° ont été séparés dans l'alcool. Le premier, le moins soluble, s'y dépose en gros cristaux brillants. Trouvé % : C 60,50; H 5,09; N 19,57. Calculé : 60,86; 5,06 et 19,35. Le second précipite en cristaux plus fins. Trouvé % : N 19,63.

(III) *β-benzofuryl-éthyl-cétone* : $C_{11}H_{10}O_2$. — Par action d'un excès de C_2H_5-Mg-Br sur le nitrile (I), dans l'éther. L'imine formée s'hydrolyse avec une grande facilité, déjà sous l'influence de l'eau glacée, et ne peut être isolée. La cétone (III), à laquelle elle donne naissance, cristallise dans le cyclohexane en feuillets F 73°; $É_{15}$ 152°. Trouvé % : C 75,83; H 5,80. Calculé : 75,86 et 5,74. *Oxime* : $C_{11}H_{11}O_2N$. Cristaux incolores F 97° (éther de pétrole). Trouvé % : N 7,24. Calculé : 7,41. *Semicarbazone* : $C_{12}H_{13}O_2N_3$. Cristaux blancs F 193° (alcool). Trouvé % : N 18,40. Calculé 18,18.

(IV) *β-benzofuryl-ter. butyl-cétimine* : $C_{13}H_{15}ON$. — Par condensation du nitrile (I) avec un excès de $(CH_3)^3 \equiv C — Mg — Cl$, en milieu éthéré. La décomposition du complexe par une solution de $ClNH_4$ conduit à un mélange de deux imines $F_{inst.}$ 120 et 175° environ (fusions peu nettes) qu'on sépare par cristallisation dans le cyclohexane. Leurs proportions respectives dépendent de

la durée du chauffage et de l'excès du magnésien employé. Trouvé % (F 120°) : C 77,79; H 7,63; N 7,15. Trouvé % (F 175°) : C 77,70; H 7,61; N 7,01. Calculé : 77,61; 7,46 et 6,97. Les mesures cryoscopiques dans le benzène montrent que l'imine F 175° est le dimère de l'imine F 120°; on trouve respectivement les P. M. 398 et 204. Calculé : 402 et 201. Ces imines insolubles dans ClH sont très stables. Il n'a pas été possible de les hydrolyser en cétone ni d'en obtenir des dérivés tels que l'oxime, la semicarbazone, etc. Les réactifs du groupe =C=NH sont fixés sans qu'il y ait départ de NH_3. C'est ainsi que le chlorhydrate d'*hydroxylamine* donne avec l'une ou l'autre des imines le produit d'addition $C_{13}H_{15}ON + NH_2OH$, aiguilles incolores F 248° (alcool). Trouvé % : C 66,44; H 7,00; N 12,10. Calculé : 66,66; 7,69 et 11,96. Avec l'*O-benzylhydroxylamine* on obtient des cristaux blancs F 138° (éther de pétrole). Trouvé % : C 74,00; H 7,57; N 8,65. Calculé pour $C_{13}H_{15}ON + NH_2OC_7H_7$: 74,07; 7,40 et 8,64. Enfin la *phénylhydrazine* conduit à un produit F 202°. Trouvé % : N 13,71. Calculé pour $C_{13}H_{15}ON + C_6H_5NH-NH_2$: 13,59. La structure de ces combinaisons est à l'étude.

MINÉRALOGIE. — *Synthèse simultanée de la domeykite cubique et de la domeykite hexagonale, en milieu liquide et à la pression ordinaire.* Note de MM. **René Weil** et **Raymond Hocart**, présentée par M. Charles Mauguin.

La domeykite cubique Cu_3As, accompagnée de domeykite hexagonale, s'obtient par union directe de l'arsenic et du cuivre, à 154° dans la glycérine, à la pression ordinaire. Par contre, à la même température, l'orpiment réagissant sur le cuivre produit la domeykite hexagonale seule.

Dans une Note précédente [1] nous avons signalé la formation de la domeykite hexagonale par réaction de l'orpiment sur le cuivre, en présence de glycérine à 250°. Nous avons tenté d'effectuer la synthèse de la domeykite et des autres arséniures de cuivre à partir de l'union directe des corps simples dans la glycérine, dans diverses proportions et à deux températures différentes : au-dessus et au-dessous de la température de transformation monotrope de la domeykite indiquée par Steenberg [2] : phase cubique → phase hexagonale à 225°. D'autre part, nous avons repris les essais de formation de domeykite hexagonale à partir de cuivre et d'orpiment mais à température inférieure à 225°.

1° En présence de glycérine, l'arsenic est susceptible de se combiner directement avec le cuivre. (Nous nous sommes servi d'arsenic natif

---

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 559.

(2) *Ark. f. Kemi. Min. o. Geol.*, Bd. 12 A, n° 26, 1938, p. 1-15.

de Sainte-Marie-aux-Mines, sublimé et pulvérisé). Trois essais dans les proportions : 3 Cu, 6 Cu, 9 Cu pour 1 As (correspondant aux 3 espèces : domeykite Cu_3As, algodonite Cu_6As et whitneyite Cu_9As), ont été portés à 236° pendant 84 h pour le premier, 134 h pour les deux autres et 3 essais identiques ont été faits à 154° pendant 282 h tous trois (dans les 2 essais avec 9 Cu, une partie de la tournure avait été remplacée par un cylindre de cuivre pur de 10 mm de hauteur et 9 mm de diamètre).

Tout l'arsenic n'est pas entré en réaction mais la tournure et les cylindres ont été très nettement corrodés et recouverts d'une couche pouvant atteindre 1 mm d'épaisseur, gris d'acier, très adhérente, de domeykite hexagonale dans les essais à 236°; en revanche, on obtient de la domeykite *cubique*, accompagnée de domeykite hexagonale dans les essais à 154°. (Il s'est trouvé que la phase cubique était prédominante dans l'essai 3 Cu.)

La domeykite cubique a pour paramètre d'après les radiogrammes Debye-Scherrer

$$a_0 = 9{,}67\ \text{Å} \qquad (\lambda\, K_\alpha\, Cu = 1{,}5418\ \text{Å})$$

peu différent du paramètre de la domeykite naturelle de Paracatas (Mexique) — Échantillon 80-1 de la Collection de Minéralogie de l'Université de Strasbourg — que nous avons trouvé égal à 9,60 Å et de celui donné par Steenberg, $9{,}59_2$ Å.

Nous pensons que cette dimension de maille est à adopter, de préférence à celle 19,19 Å donnée par Machatschki (³); en effet, dans notre étude, ce sont des raies de la domeykite hexagonale qui conduiraient à doubler le paramètre $a_0 = 9{,}67$ Å.

Une certaine quantité de domeykite hexagonale est donc parfois présente dans l'espèce minérale naturelle et correspond vraisemblablement à la substance, douée d'un pouvoir réflecteur différent de celui de la domeykite cubique, qui s'y trouve intercalée selon Machatschki.

La température de 225° (Steenberg) pour la transformation de la domeykite cubique en domeykite hexagonale ne se rapporte pas à la domeykite formée dans les conditions décrites ici. (On peut remarquer que Steenberg ne parle pas d'essais à plus basse température, ni d'essais de durée variable à 225°; il se peut que cette transformation non réversible s'effectue très lentement à des températures inférieures à 225°). Les essais suivants montrent également que cette valeur numérique dépend des conditions de formation de la domeykite.

2° Trois mélanges dans les proportions : 12 Cu, 15 Cu, 21 Cu pour 1 As_2S_3 (l'excès de cuivre par rapport aux essais précédents étant destiné à se

(³) *Centralbl. f. Min. Geol. u. Paläont.* Abt. A, 1930, p. 19-37.

combiner éventuellement au soufre) ont été chauffés à 154° dans les conditions décrites dans la Communication antérieure, les deux premiers pendant 264 h, le troisième durant 185 h. Des essais témoins identiques mais de durée moindre (environ 90 h) ont été effectués à 236°.

Les résultats ont été les mêmes dans ces six essais : il y a production de domeykite hexagonale seule. Les cristaux de domeykite obtenus à basse température forment des dendrites, rappelant les étoiles de neige mais avec une direction d'allongement prédominante et simulant des dendrites d'octaèdres cubiques, implantées sur la tournure de cuivre et atteignant 1 mm de longueur. Ceux formés à haute température sont plus capillaires, comme nous l'avons déjà décrit. Aucun sulfure de cuivre ne se manifeste dans les radiogrammes et nous n'avons pas décelé d'autres arséniures ou sulfoarséniures de cuivre.

La pression et les températures élevées ne sont donc pas indispensables pour réaliser la synthèse de la domeykite cubique, pas plus que la fusion ou la sublimation pour réaliser celle de la domeykite hexagonale.

La formation de la domeykite cubique ou hexagonale, à la même température de 154° suivant le procédé utilisé, est un exemple de plus montrant l'importance des conditions opératoires dans l'obtention des espèces polymorphiques.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles découvertes de tonstein dans le bassin houiller du Nord de la France*. Note de M. **Jacques Chalard**, transmise par M. Pierre Pruvost.

J'ai signalé récemment [1] la découverte, dans le bassin houiller du Nord de la France, de deux tonstein, minces lits d'argile durcie, caractérisés par la présence de leverriérite, et analogues à ceux qui ont été étudiés naguère dans la Sarre par M. P. Pruvost [2].

D'autres découvertes, intervenues depuis, portent maintenant à *sept* le nombre des tonstein connus dans le bassin du Nord. Le premier se place à la partie supérieure du Westphalien B, les six autres dans le Westphalien C. Ils ont tous été trouvés dans des veines de charbon ou en liaison intime avec elles, et il semble qu'ils doivent être considérés dans tous les cas comme faisant partie intégrante de la veine et non pas comme appartenant à son toit ou à son mur.

---

(1) *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1502 et *C. R. IIIe Congrès strat. carb. Heerlen*, juin 1951 (à l'impression).

(2) *Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine,* III, *Description géologique*, Lille, 1935, p. 19-31.

Ce sont en allant de bas en haut :

1° *le tonstein de Pouilleuse*, de 2 cm d'épaisseur seulement, intercalé dans la veine Pouilleuse du puits Cuvinot, à 20 m sous le niveau marin de Rimbert;

2° *le tonstein de la veine 4 bis*, situé à 100 m au-dessus de Rimbert, au toit d'une veine de charbon ou en intercalation dans celle-ci. Il a été précédemment décrit, mais il convient de signaler que son épaisseur atteint généralement 20 cm et non pas 10 cm seulement comme il semblait résulter des premières observations;

3° *le tonstein d'Alexandre*, à 250 m au-dessus de Rimbert, en intercalation à proximité du toit dans le charbon de la veine Alexandre du puits Cuvinot (14e veine du puits Thiers). Brun, à grain fin, à cassure conchoïdale, il contient quelques mouchetures de pyrite et mesure de 6 à 8 cm d'épaisseur. Au microscope, il montre de la leverriérite typique;

4° et 5° *les deux tonstein satellites*, minces niveaux de 2 à 3 cm seulement d'épaisseur que l'on rencontre toujours dans les 10 m de terrain sous-jacents au tonstein bicolore, soit en intercalation dans une veine de charbon à proximité du mur, soit au toit d'une passée inférieure. Au microscope, ils montrent le plus souvent une structure à « kaolin en boules » dans laquelle sont disséminés des cristaux de leverriérite;

6° *le tonstein bicolore*, déjà décrit, à 480 m au-dessus de Rimbert;

7° *le tonstein d'Ernestine*, à 600 m au-dessus de Rimbert, en intercalation dans la veine n° 9 du puits Crespin (24e veine du puits Thiers). C'est un banc de 5 à 10 cm d'épaisseur d'une roche très foncée à éclat un peu gras et à rayure brune, paraissant riche en matière organique et contenant des filets charbonneux et des mouchetures de pyrite. Très difficile à identifier à l'œil nu, la roche se révèle, par contre, extrêmement caractéristique au microscope : elle est formée en presque totalité de cristaux de leverriérite de grande taille.

Les niveaux de tonstein, minces et fidèles, faciles à distinguer les uns des autres par leurs simples caractères macroscopiques, constituent, par leur extension et leur continuité, des horizons-repères de choix. Ils sont d'ores et déjà utilisés dans le bassin houiller du Nord pour élucider la structure de détail, parfois assez complexe, du gisement de certains puits; mais on pourra peut-être également les employer, concurremment avec les horizons marins, pour assurer, sur toute l'étendue du Bassin, les corrélations à plus longue distance.

BOTANIQUE. — *La notion d'hélice foliaire devant l'expérimentation.* Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Roger Heim.

L'expérimentation, aussi bien physiologique (alimentation) que morphologique (chirurgie), détermine des modifications de la croissance qui confirment la réalité des hélices foliaires multiples et l'existence d'un centre générateur à la tête de chaque hélice foliaire, dans le point végétatif des Angiospermes.

En morphologie, l'expérimentation a un rôle essentiel à jouer; car d'une hypothèse vraisemblable, elle seule peut faire une vérité.

En quoi l'expérimentation peut-elle intervenir, à propos de la *théorie des hélices foliaires multiples* ? Une hélice foliaire comporte une partie adulte constituée par des feuilles anciennes, une partie où des feuilles de plus en plus jeunes conduisent au point végétatif terminant la tige feuillée que son activité construit. Un secteur *précis* de ce point végétatif, en *contiguïté* avec la plus jeune feuille de l'hélice, constitue le *centre générateur* de cette hélice. C'est la notion de centre générateur, ainsi imposée par la théorie, qui doit être soumise à l'expérimentation. Celle-ci doit viser à montrer la réalité du centre générateur, son lien avec l'hélice foliaire qu'il édifie. La *variation expérimentale du nombre* des hélices foliaires, l'*arrêt de développement* de l'hélice privée de centre générateur, l'*isolement* des centres générateurs d'un point végétatif, et, comme conséquence, l'isolement des hélices foliaires, sont les premiers buts à atteindre. Tous ont été dès maintenant atteints et je n'ai guère eu qu'à vérifier et coordonner des faits établis.

L'expérimentation peut être indirecte (physiologique) ou directe (morphologique = chirurgicale).

I. *L'expérimentation indirecte*, en modifiant la nutrition d'un point végétatif, peut modifier le nombre des hélices foliaires.

A. *Diminution du nombre des hélices foliaires.* — Elle est réalisable si l'on agit sur le régime hydrique des plantes. C'est sur les Cactées à côtes (1 côte est 1 hélice foliaire matérialisée) que le fait est le plus net. Un Cierge à 5 côtes perd 1 ou même 2 de ses côtes, 4 ou 5 mois après modification du régime hydrique. Au-dessus de la dernière aréole, la côte s'atténue et prend fin; les côtes restantes se distribuent régulièrement autour de l'axe.

B. *Augmentation du nombre des hélices foliaires.* — La reprise d'arrosages suffisants restaure le nombre de côtes normal chez les plantes préparées précédemment. Les phénomènes de taille augmentent le nombre d'hélices des végétaux ligneux : la plupart des variétés de Lilas développent des rejets à feuilles opposées (2 hélices foliaires) comme les tiges normales;

le recépage, qui augmente la nutrition des bourgeons de la souche, entraîne toujours le développement d'un nombre important de rejets à feuilles verticillées par 3 (3 hélices foliaires).

II. *L'expérimentation directe* est représentée par de nombreuses opérations chirurgicales sur les points végétatifs (M. et R. Snow, L. Cuénod, E. Ball, C. W. Wardlaw). L'œuvre de M. et R. Snow, poursuivie avec une admirable continuité depuis 30 ans, a enrichi nos connaissances d'un nombre considérable de faits. J'interprète ces faits autrement que ceux qui les ont établis. Souvent difficiles à expliquer sans le recours à la théorie des hélices foliaires multiples, ils sont en faveur de celle-ci.

a. Fendant longitudinalement un point végétatif d'*Epilobium hirsutum* L. (feuilles *opposées* décussées), les auteurs (1) obtiennent principalement 2 sortes de résultats : 1° l'une des moitiés du point végétatif seulement continue son développement, donnant une tige où les feuilles ont la *disposition spiralée* ; 2° chacune des moitiés se développe en 1 tige; les 2 tiges, tangentes, offrent la disposition spiralée. Dans le premier cas, l'opération, détruisant l'un des 2 centres générateurs, a isolé celui de la seconde hélice foliaire ; celle-ci s'est développée seule, sur une tige équivalant à la moitié de la tige normale. Elle révèle la disposition phyllotaxique propre à l'hélice foliaire. Dans le second cas, les 2 centres générateurs et, par suite, les 2 hélices foliaires, ont été isolés : la croissance du point végétatif fendu a donné 2 tiges à 1 hélice foliaire et non 1 tige à 2 hélices foliaires.

Dans le cas de plantes à disposition *spiralée* (*Lupinus albus* L.), les résultats (2) sont les mêmes : isolement d'une hélice par suppression de la seconde; isolement sur 2 tiges parallèles des 2 hélices foliaires constituant la tige normale. J'ai personnellement revu les mêmes faits sur les tiges plagiotropes à phyllotaxie *distique* du Lierre (*Hedera helix* L.).

Les expériences chirurgicales fondamentales sur les points végétatifs confirment ainsi l'existence habituelle de 2 *hélices foliaires* chez les Dicotylédones, que leur disposition phyllotaxique soit spiralée ou verticillée.

b. Les expériences de *piqûre* pratiquées par M. et R. Snow (3) dans la zone du point végétatif que j'ai définie comme *anneau initial*, précisent des caractères des centres générateurs. Piquant le point où devra se former le prochain primordium foliaire, on obtient parfois, en même temps que 2 feuilles plus ou moins soudées sur l'emplacement piqué, la réalisation ultérieure d'une phyllotaxie à 3 hélices foliaires. Comme il a divisé la future

---

(1) M. Snow et R. Snow, *Phil. Trans.*, B. 225, 1935, p. 63.

(2) M. Snow et R. Snow, *Phil. Trans.*, B. 221, 1931, p. 1.

(3) *Phil. Trans.*, B. 222, 1933, p. 353.

feuille, l'opérateur a divisé le centre générateur correspondant : d'une tige à 2 hélices foliaires, il a fait une tige à 3 hélices foliaires.

Ces faits expérimentaux imposent la même conclusion : *réalité des hélices foliaires multiples* et du centre qui est à l'origine de chacune d'elles. Ils ont en commun d'être des démonstrations analytiques. Je puis dès maintenant annoncer que j'ai commencé de tenter la démonstration synthétique, visant à associer dans un point végétatif nouveau 2 parties de points végétatifs provenant de 2 individus différents, et que les résultats préliminaires sont encourageants.

CYTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Origine maternelle des principaux tissus et du plastème nourricier des galles larvaires d'*Adelges Abietis *Kalt. sur* Picea excelsa *Lk.* Note (*) de M. **Jean Meyer**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Peu avant la ponte, la fondatrice d'*Adelges Abietis* prépare le terrain cécidogène aux larves par une induction hyperplasiante et amylogène engendrant les plastèmes nourriciers secondaires, d'origine surtout épidermique, et des tissus amylacés de réserve. Dans les cavités larvaires précocement ébauchées, le plastème nourricier évolue, sous l'action des larves, vers un tissu nourricier à mitochondries dispersées.

Dans une Note précédente (1) j'avais décrit la formation du tissu nourricier de la fondatrice d'*Adelges Abietis* et insisté sur son origine primaire par métaplasie. Nous allons voir que le tissu nourricier larvaire est d'origine secondaire par hyperplasie.

En effet, vers la fin de la vie de la fondatrice et peu avant la ponte (mi-avril), une nouvelle évolution cytologique et histologique se fait jour. L'amylogenèse et les proliférations mitotiques, qui avaient été inhibées jusque-là par le parasite dans les bases foliaires et dans l'écorce correspondante, entrent maintenant en pleine activité. A ces phénomènes, viendra s'ajouter ultérieurement celui d'une croissance différentielle. Il résulte de l'ensemble de ces phénomènes des ébauches précoces de cavités larvaires entre les bases foliaires, s'échelonnant bien au delà des régions de succion de la fondatrice. On y distingue, déjà avant la migration des larves, la préfiguration des principaux tissus des futures galles larvaires : 1° les plastèmes nourriciers formés de cellules jeunes tapissant les cavités; 2° les tissus de réserves amylacées sous-jacents aux plastèmes nourriciers et s'élevant également dans toute l'écorce correspondante; 3° les ébauches des tissus des lèvres ostiolaires se différenciant aux dépens des régions

(*) Séance du 8 octobre 1951.

(1) *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 631.

distales affectées des limbes dont les cellules s'hypertrophient en formant de grandes vacuoles riches en tannin.

L'étude de l'origine et de l'évolution des plastèmes nourriciers localisés entre les bases foliaires est particulièrement intéressante. Elle nous permettra d'ailleurs d'en justifier la dénomination. Alors que la région affectée de l'écorce a perdu sa polarité normale de croissance, empêchant les élongations interfoliaires, il s'effectue, dans les couches épidermiques et sous-épidermiques tapissant les encoignures ainsi conservées entre les bases foliaires, une hyperplasie par cloisonnements périclinaux particulièrement accentuée. Il s'y forme des couches de cellules aplaties, subissant bientôt des recloisonnements anticlinaux. Les caractères cytologiques de ce tissu rappellent un méristème (rapport nucléoplasmatique élevé, gros noyau central, mitoses actives, richesse en chondriome indifférencié, paraplasme peu abondant). La cytologie de ce tissu s'écarte cependant de celle d'un méristème typique, d'une part par la présence, dans bon nombre de cellules, de petits amyloplastes, d'autre part par l'hypertrophie des nucléoles dont le diamètre peut atteindre 4 μ alors que celui d'un méristème primaire ne dépasse guère 3 μ environ. Nous avons vu, dans une Note antérieure (²), que l'hypertrophie nucléolaire était caractéristique des tissus nourriciers fonctionnels. C'est, en effet, au niveau d'un tel tissu, que viendront émigrer les larves, et c'est dans ce tissu, d'origine secondaire et surtout épidermique, que s'exercera leur succion; il mérite donc bien la qualification de nourricier. Mais ce tissu jeune évoluera avec quelques modifications sous l'action de la succion larvaire. C'est bien à un « plastème » nourricier précocement ébauché que nous avions affaire dans la précédente description.

En effet, dans les coupes du 28 avril 1947, par exemple, les larves sont déjà en place. Les traces de succion larvaire, bien plus fines et plus courtes que celles de la fondatrice, sont déjà visibles. Elles ne pénètrent guère au delà des trois ou quatre assises cellulaires externes. Ces dernières ont évolué, sous l'action des larves, en suivant la croissance cellulaire généralisée des parois gallaires, donnant lieu à l'élargissement de la cavité larvaire. Les cellules s'étendent tangentiellement, les vacuoles augmentent de taille et diminuent en nombre, tout en se chargeant de tannin. Au niveau des succions, la quantité de tannin dans les cellules visées est parfois plus faible et permet de mieux voir l'aspect particulièrement divisé du chondriome, caractérisé surtout par de nombreuses mitochondries dispersées dans le cytoplasme et souvent associées en chondriomites. Cet aspect mitochondrial rappelle beaucoup celui du tissu nourricier adulte de *Perrisia Urticæ* et s'oppose, par contre, d'une manière inattendue, à celui du tissu

(²) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 1333.

à chondriocontes flexueux périnucléaires de la fondatrice ([1]). Ce dernier a d'ailleurs subi, dès avant la ponte, l'influence de la phase amylogène et l'on voit les chondriocontes périnucléaires de ses cellules périphériques se transformer en amyloplastes.

L'ancien tissu nourricier maternel ne prend donc pas une part importante à la construction des galles larvaires : l'action cécidogène en faveur des larves s'effectue à distance. Que penser de ces précoces ébauches des tissus des galles larvaires s'échelonnant à la base des différentes feuilles sous l'action à distance de la fondatrice ? Devons-nous attribuer cette mosaïque d'ébauches de galles larvaires à une action différentielle de la fondatrice dans les diverses régions ? Ou faut-il plutôt l'attribuer à des différences initiales dans les propriétés des tissus tapissant ou non le fond des espaces interfoliaires et réagissant différemment à une même action cécidogène générale, le tout concourant vers la nidification ?

Problème que nous ne saurions aborder encore. Néanmoins, les faits observés, en montrant un cécidozoaire préparer non seulement son propre tissu nourricier, mais encore des galles futures, révèlent une coaptation curieuse de la réactivité de la plante au cycle évolutif du parasite ([3]).

PHYTOPATHOLOGIE. — *Action de l'ester éthylique du* 2-4 D *sur le développement de* Claviceps purpurea *dans les champs de Blé*. Note de MM. **Robert Longchamp**, **Michel Roy** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Roger Heim.

Le désherbage à l'aide de préparations à base d'ester éthylique du 2-4 D peut favoriser l'infestation des champs de Blé par le *Claviceps purpurea*.

On sait que certains produits employés pour le désherbage des champs de Céréales notamment l'acide 2.4-dichlorophénoxyacétique (2-4 D) renforcent quelquefois les attaques de certains champignons parasites tels que *Cladosporium herbarum* et *Puccinia graminis* ([1]).

Au cours des études sur le désherbage que nous avons entreprises avec le concours de l'Institut National de la Recherche Agronomique et de l'Association générale des Producteurs de Blé, nous avons constaté des phénomènes de ce type sur des Céréales traitées par de l'ester éthylique du 2-4 D.

C'est ainsi que, dans un essai sur quelques variétés de Blés d'hiver

---

([3]) Travail effectué avec la collaboration technique de M. Charles Schmitt, à l'Institut de Botanique de Strasbourg.

([1]) R. Longchamp et R.-J. Gautheret, *Ann. Agron.*, 19e, année, 1949 p. 380-410.

réalisé en 1949-1950 à Villaines-sous-Bois, l'ester éthylique du 2-4 D appliqué à des doses allant de 2 à 10 kg : ha provoqua une aggravation remarquable des attaques de Rouille noire. L'envahissement des parcelles traitées par ce produit était si important qu'on pouvait les reconnaître à plus d'une centaine de mètres.

Au cours de nouvelles expériences entreprises en 1950-1951, nous avons réalisé des observations analogues qui concernaient cette fois l'Ergot des Céréales (*Claviceps purpurea*) qui, comme on le sait, peut se développer accidentellement sur le Blé.

Les plus précises de ces observations furent faites à Rethel sur 10 variétés de Blés d'hiver (Étoile de Choisy, Vilmorin 23, Vilmorin 27, Hybride de Lobau, Bellevue, Président Riverain, Évolution, Hauters II, Reims, Bastard de Rimpau). Cet essai était destiné à comparer le comportement des Céréales à l'égard du sel de sodium et de l'ester éthylique du 2-4 D employés à des doses de l'ordre de 2,5 et 10 kg : ha. Il portait en tout sur 240 parcelles de 4 m^2. Les applications des produits désherbants furent faites à divers stades du développement des Céréales allant du début de la montaison jusqu'au moment de l'épiaison. Certaines parcelles destinées à servir de témoins ne subirent aucun traitement.

En parcourant le champ d'essai à l'époque de la maturité, nous avons constaté la présence d'Ergot dans de nombreuses parcelles ayant été traitées par l'ester éthylique du 2-4 D. Cette action de l'ester éthylique sur le développement de l'Ergot ne s'est pas manifestée en toutes circonstances. Les Blés traités au début de la montaison n'ont pas été atteints par le Champignon. Par contre, les traitements réalisés tardivement, au cours de la montaison, ont provoqué l'apparition d'Ergot dans toutes les variétés. Enfin, les applications pratiquées au moment de l'épiaison n'ont déterminé aucun développement d'Ergot.

L'importance de l'invasion était à peu près semblable pour toutes les doses, mais, par contre, elle différait selon les variétés. C'est ainsi que les Blés Bastard de Rimpau, Évolution et Vilmorin 23 subirent une attaque plus sévère que les autres variétés.

Dans le cas du Blé Vilmorin 23 la fréquence de l'Ergot fut particulièrement grande et, dans une parcelle de 4 m^2 nous avons dénombré 15 épis infestés qui portaient chacun de 1 à 6 sclérotes.

Ce remarquable développement de l'Ergot fut incontestablement déterminé par l'ester éthylique du 2-4 D, car nous n'avons observé d'attaques d'Ergot ni dans les témoins, ni dans les parcelles traitées par le sel de sodium.

Il ne s'agit pas là d'une observation isolée. Dans d'autres champs d'essais

situés à Gif, Ablis (Seine-et-Oise) et à Morville-sur-Seille (Meurthe-et-Moselle), nous avons également constaté la présence de *Claviceps* dans des parcelles de Blés Vilmorin 23, Bastard de Rimpau, Étoile de Choisy et Fylgia, traitées par l'ester éthylique du 2-4 D. Enfin, plusieurs cultivateurs de la région de Seigneley (Yonne) ont signalé l'apparition d'Ergot dans des champs de Blés désherbés à l'aide d'une préparation à base d'ester (2).

Nous pensons que l'ester n'a pas été le seul facteur ayant déterminé le développement de l'Ergot, mais que son action a été favorisée par les conditions climatiques de l'été 1951, notamment par l'humidité.

Les diverses observations qui viennent d'être résumées ne présentent en elles-mêmes qu'un intérêt limité. Notre but en les mentionnant est surtout de souligner que l'emploi de l'ester éthylique du 2.4-D pour le désherbage des Céréales risque d'augmenter notablement la proportion d'Ergot dans les Blés livrés par l'Agriculture.

ANATOMIE COMPARÉE. — *La dentition temporaire, dite lactéale, de la Roussette* (Rousettus leachi *A. Sm.*), *Chiroptère frugivore*. Note de M^lle^ **Madeleine Friant**, présentée par M. Émile Roubaud.

La dentition temporaire du genre *Rousettus*, qui était, jusqu'ici, inconnue, est plus régressée encore que celle des Chiroptères insectivores : elle comporte une seule molaire, Mt2; à la mâchoire supérieure, les dents, en forme de crochets simples et aigus, montrent, par leur position, le rôle qu'elles jouent, durant les premiers mois de la vie, alors que le jeune demeure accroché à la fourrure de sa mère.

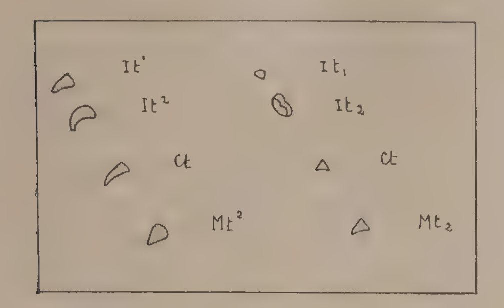
Quelques auteurs se sont intéressés à la dentition temporaire des Chiroptères; citons : W. Leche (1877), O. Thomas (1908), F. Spillmann (1927), J. Dorst (1949) et L. Harrison Matthews (1950). Ce que nous savons de plus précis, au sujet de cette dentition, chez les Mégachiroptères, se rapporte aux travaux de W. Leche, déjà anciens, et à une figure de F. Spillmann, qui représente le crâne d'un jeune *Pteropus edulis* Herm., bien que la formule dentaire, non indiquée par l'auteur, soit difficile à établir d'après ce dessin.

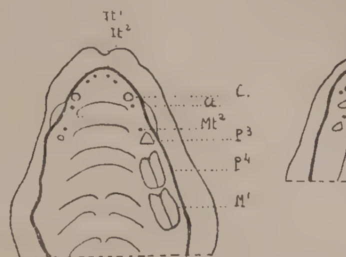
A l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée de l'Université de Lund, j'ai eu à ma disposition, grâce à M. le Professeur G. Glimstedt, d'excellents spécimens, fœtus et jeunes, d'une grande Chauve-Souris frugivore, *Rousettus leachi* A. Sm., provenant d'Afrique centrale. Ces

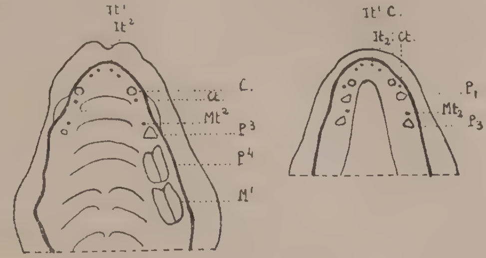
(2) L'une de ces observations a fait l'objet d'un article publié dans « l'Yonne agricole » par M. Michet, Directeur des Services agricoles de l'Yonne.

pièces permettent de préciser la formule et la morphologie des dents temporaires du genre *Rousettus*, qui étaient encore inconnues.

Formule dentaire temporaire. — 1. Chez le fœtus avancé, les incisives, que l'on admet être It1 et It2, ont fait éruption; les autres dents, canine (Ct) et molaire (Mt), sont indiquées sous la gencive.







Jeune *Rousettus leachi* A. Sm. tué en Afrique centrale, lors de l'Expédition suédoise de 1929–1930. Collections de l'Institut Tornblad d'Embryologie comparée (Université de Lund).

A droite, schéma des maxillaires supérieur (à gauche) et inférieur (à droite), pour montrer la dentition temporaire et la dentition définitive en voie d'évolution. — It^1, It^2, Ct, Mt^2, It_1, It_2, Ct, Mt_2, dents temporaires; P^3, P^4, P_1, P_3, prémolaires; M^1, première molaire supérieure définitive. — A la mâchoire supérieure, du côté gauche, les dents jugales définitives ont été dégagées de la gencive. — 2 fois grandeur naturelle.

A gauche, schéma des dents temporaires. — (A gauche), dents supérieures du côté gauche. — (A droite), dents inférieures du côté droit. Très grossi.

2. Chez le jeune *Rousettus* (*fig.* 1), canine, puis incisives définitives font éruption en avant des dents temporaires correspondantes. La molaire de lait est difficile à déterminer : c'est la seule des quatre molaires originelles qui ait persisté. La formule prémolaire du genre *Rousettus* est, comme l'on sait : P1, P3, P4. Lorsque, chez le jeune, P1, puis P3 ont fait éruption, la molaire temporaire se trouve située entre ces deux dents, mais beaucoup plus près de P3 que de P1. En raison du mode d'éruption des dents définitives, en avant des lactéales, il s'agit certainement de Mt2, dont la prémolaire correspondante, P2, a disparu (bien qu'on puisse aussi interpréter cette dent comme Mt1). La formule dentaire temporaire du genre *Rousettus* serait donc : It^1It^2/It_1It_2, Ct/Ct, Mt^2/Mt_2. Ceci est intéressant, car O. Thomas, dont les travaux font autorité, supposait que les molaires temporaires des Chiroptères, au nombre de deux. au plus, étaient les deux dernières, Mt4 et Mt3. ce qui, avec évidence, n'est pas le cas ici.

Morphologie des dents temporaires. — A la mâchoire supérieure, les dents sont toutes en forme de crochets simples, de griffes même, et la canine n'est pas beaucoup plus forte que les autres; la pointe des couronnes, très aiguë, est dirigée vers la muqueuse palatine, de telle sorte que, lorsque

l'animal prend le sein de sa mère, il ne la blesse pas; mais, durant les premiers mois de la vie, quand il demeure accroché à la fourrure de sa mère (K. Andersen, 1913; L. Harrison Matthews, 1950), les dents supérieures ont certainement un rôle de préhension qui s'ajoute à celui des griffes des extrémités postérieures. Une observation comparable est relatée, d'ailleurs, par C. S. Tomes (1923), au sujet d'un Microchiroptère, le Vampire (*Desmodus*). Il est probable que, chez les Chauves-Souris, en général, les dents de lait supérieures, toujours en crochet simple, bifide ou trifide, jouent ce même rôle préhenseur.

A la mâchoire inférieure, les dents sont différenciées. L'incisive interne (It1), petite et pointue, est en forme de pyramide triangulaire. L'incisive externe (It2), large, est à deux crêtes bicuspidées, l'une externe, l'autre interne, séparées par un profond sillon; par sa forme, cette dent se rapproche quelque peu de la dernière prémolaire, molariforme, et des molaires définitives. La canine (Ct), assez forte, est pointue. La molaire (Mt2), aiguë, est en crochet.

En somme, les dents temporaires, ici, comme généralement chez les Chiroptères, sont très différentes des dents qui les remplaceront.

Conclusions. — La dentition temporaire du genre *Rousettus*, qui était inconnue, semble plus régressée encore que celle des Chiroptères insectivores. Elle comporte une seule molaire, Mt2; à la mâchoire supérieure, les dents, en forme de crochets simples et aigus, montrent, par leur position, le rôle qu'elles jouent, durant les premiers mois de la vie, alors que le jeune demeure accroché à la fourrure de sa mère.

BIOLOGIE ANIMALE. — *Rôle du canal hermaphrodite dans la régénération de la gonade chez* Arion rufus *L.* (*Mollusque arionidæ*). Note de M. **Pierre Laviolette**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Les expériences de dissociation du complexe artère génitale-canal hermaphrodite au moment de la castration chez *Arion rufus* L. montrent que le canal hermaphrodite sectionné est seul capable de provoquer la formation d'un blastème de régénération à potentialité germinale. L'artère génitale n'intervient pas au cours de cette différentiation.

Chez *Arion rufus* L., le canal hermaphrodite à sa sortie de la gonade est étroitement accolé à l'artère qui pénètre dans la glande génitale. Chez des animaux âgés de quelques mois, le diamètre des deux conduits est de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre.

La castration entraîne obligatoirement la section simultanée des deux conduits, et l'unique blastème de régénération qui se forme après l'opération

se trouve en connexion avec les tissus des deux organes (1). Il est alors difficile de déterminer le rôle respectif de chacun des éléments dans la néoformation du tissu germinal. C'est en vue de préciser ces mécanismes que les expériences suivantes ont été réalisées. Elles consistent en diverses tentatives de dissociation plus ou moins poussée du complexe anatomique artère génitale-canal hermaphrodite au moment de la castration.

a. Sectionnement des deux organes à des niveaux différents. — Les deux canaux sont d'abord partiellement décollés l'un de l'autre à proximité de la glande génitale. L'ablation de la gonade est alors effectuée, l'artère étant réséquée à un niveau plus distal que le canal, ou inversement.

Une rétraction post-opératoire, particulièrement intense au niveau de l'artère, rapproche ultérieurement l'un de l'autre les deux bouts libres. De ce fait, il ne se forme, le plus souvent au cours de la régénération, qu'un unique nodule. Ce nodule est cependant différent de celui qu'on obtient après une castration banale, en ce sens que les territoires canal et artère sont ici plus ou moins nettement séparés. Dans les cas les plus favorables, on peut vérifier que les éléments germinaux régénérés n'apparaissent que dans la zone du blastème en rapport direct avec l'extrémité du canal hermaphrodite. Rien de tel, par contre, n'est décelable dans la région touchant à l'extrémité de l'artère génitale.

b. Séparation totale des deux organes. — Afin d'apporter au problème posé une solution plus rigoureuse, la séparation du canal hermaphrodite et de l'artère génitale a été poursuivie sur la totalité de leur trajet commun. Dans ces conditions, l'expérience conduit à l'obtention de deux blastèmes de régénération entièrement distincts, l'un à l'extrémité du canal, l'autre à l'extrémité de l'artère.

Le nodule artériel, qui reste en général libre, n'est, en fait, qu'un bourgeon cicatriciel de petite taille, oblitérant l'orifice du vaisseau. Les éléments conjonctifs fibreux y abondent, mais aucune cellule d'allure germinale n'y a jamais été rencontrée.

Par contre, le blastème formé à l'extrémité du canal hermaphrodite constitue le véritable nodule de régénération germinale. Il adhère généralement, d'une façon plus ou moins étroite, soit à un lobule hépatique, soit à la paroi stomacale, soit même au tégument. C'est dans l'épaisseur de ce massif tissulaire qu'on voit apparaître, après un délai de plusieurs semaines, les cellules germinales néoformées. La structure et l'évolution de ce régénérat ne diffèrent pas, en fait, de celles du blastème normal constitué à partir de l'artère et du canal hermaphrodite accolés.

---

(1) M. P. Laviolette, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1168.

On peut donc admettre que la présence ou l'absence des tissus de l'artère génitale est sans influence sur la destinée du régénérat.

Par ailleurs, aucun foyer de régénération germinale n'a jamais été constaté en dehors du canal hermaphrodite. C'est donc ce dernier élément anatomique qu'il faut considérer comme responsable de la différenciation du tissu germinal néoformé.

Des expériences de greffe, dont les résultats seront publiés dans une Note ultérieure, apportent d'ailleurs à cette conclusion une confirmation supplémentaire.

THÉRAPEUTIQUE. — *Le traitement de la morve équine en Iran.* Note de MM. **Soleyman Deyhimi** et **Amir Khatai**, présentée par M. Gaston Ramon.

Nous inspirant dans une certaine mesure des remarquables travaux de R. Legroux, nous avons, au cours de ces dernières années, effectué des recherches sur le traitement de la morve des Équidés en Iran.

La morve connaît, depuis très longtemps, en Iran, une grande extension, aussi bien chez les chevaux et les mulets de la population civile que chez ceux de l'Armée : 10 à 20 % des effectifs présentent, en effet, une réaction positive à la sollicitation malléinique. De plus, un certain nombre de ces sujets allergiques sont atteints de morve cliniquement exprimée, nasale ou cutanée. C'est dire l'intérêt qui s'attache à une thérapeutique efficace de la maladie.

En ces derniers temps, le traitement médical de la morve a réalisé de singuliers et remarquables progrès, grâce à l'emploi des sulfamides et de substances d'origine biologique utilisés seuls ou en association : Muntin (1), Sheng et Chu (2), Selvi et Payroc (3) chez l'homme; Legroux (4), Hu (5), Miller et ses collaborateurs (6), chez les animaux.

Nous avons expérimenté en Iran, depuis 1942, dans la lutte contre la morve des Équidés, soit clinique, soit latente, plusieurs produits, et notamment l'anamorve, la malléine et divers sulfamides. Ces agents biologiques et chimiques ont été employés, soit seuls, soit en synergie. Les meilleurs résultats nous ont été donnés par les associations suivantes :

---

(1) *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 51/49, 1943, p. 361.

(2) *Chinese J. of Animal Husbandry and Vet. Science*, 5, 1945, p. 58.

(3) *J. Amer. Med. Assoc.*, 142, 1950, p. 45.

(4) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 345,

(5) *Chinese J. of Animal Husbandry and Vet. Science*, 6, 1947, p. 27.

(6) *Amer. J. Hygiene*, 27, 1948, p. 205.

Sulfadiazine et anamorve (observations portant sur 38 chevaux et 18 mulets cliniquement morveux et 93 chevaux réagissant à la malléine, mais sans présenter de signes cliniques).

Sulfadiazine et malléine (2 cas aigus).

Sulfamézatine et anamorve (3 cas aigus).

Sulfamézatine et malléine (5 cas aigus).

La sulfadiazine est donnée par voie buccale, à la dose quotidienne de 25 g fractionnés en six fois, pendant 30 jours consécutifs. La sulfamézatine offre l'avantage de pouvoir être utilisée par voie buccale ou par voie musculaire ou intraveineuse. La posologie est sensiblement la même que celle de la sulfadiazine. L'anamorve est injectée par voie sous-cutanée : 5 cm^3 tous les deux jours, jusqu'à cessation des réactions locales; puis repos de 10 jours et reprise des injections jusqu'à nouvelle cessation des réactions; celles-ci réapparaissent, en effet, mais moins intenses lorsqu'on reprend les injections. Deux séries de 5 à 6, puis de 3 à 4 injections suffisent, en général. La malléine est injectée, également par voie sous-cutanée, à raison de 1 cm^3 chaque jour pendant un mois, en dilution dont la concentration croît progressivement de 1/1000 à 1/2. On peut, sans inconvénient, employer d'emblée la dilution au 1/50.

Chez les animaux, chevaux et mulets, atteints de morve clinique (nasale, cutanée ou à la fois nasale et cutanée), les associations médicamenteuses utilisées ont provoqué dans tous les cas, la régression et la guérison des lésions muqueuses et farcineuses, la disparition du jetage et des suppurations de la peau, le retour des ganglions à la normale, l'extinction des réactions à la malléine. Les signes cliniques disparaissent de la 2^e^ à la 4^e^ semaine. Les réactions allergiques cessent entre le 2^e^ et le 20^e^ mois, en moyenne vers le 6^e^ mois, après la fin du traitement; ces délais semblent en relation avec l'ancienneté de la maladie. Au surplus, l'allergie s'efface plus rapidement lorsqu'on traite par la malléine.

Chez les animaux atteints de morve latente ou occulte dont témoigne uniquement la réaction positive à la malléine, les synergies médicamenteuses sus-indiquées et, en particulier, le traitement sulfadiazine-anamorve, aboutissent aux résultats les plus heureux. Instituée pendant 30 jours sur deux lots de 28 et de 65 chevaux provenant de deux unités différentes et présentant depuis plusieurs années des réactions malléiniques fortement positives, cette thérapeutique a permis de rendre, dans presque tous les cas, les réactions négatives en 6 à 10 mois. En aucun cas, les antigènes morveux n'ont déclenché l'apparition de signes cliniques.

Les animaux morveux (cliniques ou réagissants), ont été suivis plus d'un an, certains jusqu'à 3 ans, après la fin du traitement, sans qu'aucune rechute ou rédidive ait pu être décelée, ce qui prouve la valeur et la

solidité de la guérison. Des autopsies pratiquées sur 3 chevaux cliniquement morveux, 1 et 3 ans après la guérison, ont révélé l'absence de lésions spécifiques. Des inoculations au cobaye n'ont provoqué aucun trouble.

En résumé, le traitement de la morve des Équidés par les synergies chimio-biologiques associant les sulfadiazines à certains produits biologiques remarquablement efficaces (anamorve, malléine) nous a permis d'assurer la guérison définitive de chevaux et de mulets atteints, soit de morve latente, soit de morve apparente dans ses deux formes cliniques de morve nasale et de farcin. Le traitement de choix paraît être l'association sulfamézatine par voie buccale et malléine par voie sous-cutanée ([7]).

A 15 h 40 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15 h 50 mn.

R. C.

([7]) Ces travaux ont été effectués dans le laboratoire de Recherches de l'Armée iranienne.